

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL BOHUŠ

BRNO 2013



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**  
**ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

## **PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY**

DEVICE FOR MEASURING OF THE REACTION TIME

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MICHAL BOHUŠ**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JAROSLAV BALOGH**

BRNO 2013

## **ABSTRAKT**

Cieľom bakalárskej práce bolo oboznámenie sa s reakčnou dobou človeka, jej meraním a využitím. Súčasťou projektu bolo zostrojiť prístroj na meranie reakčnej doby na audio-vizuálny podnet. Prístroj sa skladá z jednotky vykonávajúcej podnet a vyhodnocovacej jednotky. Na riadenie audio-vizuálnych podnetov a snímanie odozvy je využitý mikrokontrolér ATmega 16. Na základe získaného reakčného času vyhodnotí reakčnú dobu meraného subjektu.

## **KĽÚČOVÉ SLOVÁ**

Reakčná doba, reflex, ATmega 16, stimul, časovač

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis was become acquainted with human reaction time, its measurements and use. Part of the project was to build a device that measures reaction time of audio-visual stimulus. The device consists of stimulating and controlling parts. Audio-visual stimuli are scanned and controlled by microcontroller ATmega 16. Based on the obtained reaction time evaluate reaction time of measured entity.

## **KEYWORDS**

Reaction time, reflex, ATmega 16, stimulus, timer

BOHUŠ, Michal *Přístroj pro měření reakční doby*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, . 69 s. Vedúci práce bol Ing. Jaroslav Balogh

## PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu na tému „Přístroj pro měření reakční doby“ vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce, využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/nebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), vo znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávnych dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákoníka č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

(podpis autora)

## POĎAKOVANIE

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaroslavovi Baloghovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Brno .....

.....

(podpis autora)

# OBSAH

<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>1 Reakčná doba</b>	<b>12</b>
1.1 Čo je to reakčná doba . . . . .	12
1.2 Rozdelenie reakčnej doby . . . . .	12
1.2.1 Jednoduchý reakčný čas SRT . . . . .	13
1.2.2 Rozpoznávací reakčný čas RRT . . . . .	13
1.2.3 Výberový reakčný čas SERT . . . . .	13
<b>2 Zložky reakčnej doby</b>	<b>14</b>
2.1 Zrakové ústrojenstvo . . . . .	14
2.2 Sluchové ústrojenstvo . . . . .	15
2.3 Nervová sústava . . . . .	16
2.4 Motorická sústava . . . . .	17
2.5 Latencia meracej aparatury . . . . .	17
2.6 Celkový reakčný čas . . . . .	18
<b>3 Ovplynvenie reakčnej doby</b>	<b>19</b>
3.1 Ovplynvenie reakčnej doby meraného subjektu . . . . .	19
3.2 Vplyv podnetu na dĺžku reakčného času . . . . .	21
3.3 Vplyv odozvy na dĺžku reakčného času . . . . .	22
<b>4 Meranie a využitie reakčnej doby</b>	<b>23</b>
4.1 Meranie a využitie reakčnej doby v športe . . . . .	23
4.1.1 Príklady nameraných hodnôt reakčnej doby športovcov . . . . .	23
4.2 Meranie a využitie reakčnej doby v multimediálnom priemysle . . . . .	25
4.3 Meranie a využitie reakčnej doby v medicíne . . . . .	25
4.4 Meranie a využitie reakčnej doby v automobilovom priemysle . . . . .	26
4.4.1 Príklady nameraných hodnôt reakčnej doby vodičov automobílov . . . . .	26
4.5 Meranie a využitie reakčnej doby z obecného hľadiska . . . . .	27
4.5.1 Príklad nameranej závislosti reakčnej doby na hladine alkoholu v krvi . . . . .	27
<b>5 Návrh prístroja na meranie reakčnej doby</b>	<b>28</b>
5.1 Bloková schéma . . . . .	28
5.2 Návrh meracích snímačov . . . . .	29
5.3 Návrh ovládania riadenia . . . . .	31

5.4	Návrh vizualizačnej jednotky podnetu . . . . .	31
5.5	Návrh audio jednotky . . . . .	32
5.5.1	Generátor priebehov XR-2206P . . . . .	33
5.5.2	Digitálny potenciometer DS1803-100 . . . . .	34
5.5.3	Analógový audio multiplexor MAX323CPA . . . . .	36
5.5.4	NF koncový zosilňovač TDA2615 . . . . .	37
5.6	Návrh zobrazovacej ovládacej jednotky . . . . .	37
5.6.1	Štvorriadkový LCD RC1604A-FHW-ESX . . . . .	37
5.7	Riadiaca jednotka . . . . .	39
5.7.1	Napájací zdroj . . . . .	40
5.8	Mecahnické prevedenie . . . . .	41
5.9	Softvérová realizácia . . . . .	42
5.9.1	Inicializácia . . . . .	42
5.9.2	Menu . . . . .	42
5.9.3	Meranie jednoduchého RT . . . . .	43
5.9.4	Meranie výberového RT . . . . .	43
5.9.5	Meranie selektívneho RT . . . . .	45
<b>6</b>	<b>Vyhodnotenie prístroja na meranie reakčného času</b>	<b>46</b>
6.1	Výsledky . . . . .	46
6.2	Perspektíva . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Záver</b>	<b>48</b>
	<b>Literatúra</b>	<b>49</b>
	<b>Zoznam symbolov, veličín a skratiek</b>	<b>53</b>
	<b>Zoznam príloh</b>	<b>55</b>
<b>A</b>	<b>Vývojové diagramy</b>	<b>56</b>
<b>B</b>	<b>Navrhnuté schémy</b>	<b>59</b>
<b>C</b>	<b>Zoznam súčiastok</b>	<b>68</b>
<b>D</b>	<b>Konštrukčné výkresy</b>	<b>69</b>

# ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Rozdelenie reakčnej doby. Prevzaté z [2] . . . . .	12
2.1	Rôznou citlivosťou oka na viditeľné spektrum. Prevzaté z [12] . . . . .	15
2.2	Krivky rovnakých hlasitostí. Prevzaté z [9] . . . . .	16
2.3	Nervová dráha reakčnej doby. a.) zrakový a sluchový receptor b.) do- stredivé nervové dráhy c.) CNS d.) odstredivé nervové dráhy e.) mo- torická sústava . . . . .	17
3.1	Porovnanie reakčnej doby u pacientov trpiacich parkinsonom a zdra- vých osôb. Prevzaté z [14] . . . . .	20
4.1	Hitmaster Profesional trainer. Prevzaté z [19] . . . . .	24
4.2	FiTRO Agility Check. Prevzaté z [18] . . . . .	24
4.3	REACTION TIME/MOVEMENT TIME PANEL 35600. prevzaté z [21] . . . . .	25
4.4	Prístroj na meranie reakčného času ruky. Prevzaté z [16] . . . . .	25
4.5	Závislosť reakčného času na hladine alkoholu v krvi. Prevzaté z [2] . . . . .	27
5.1	Bloková schéma prístroja na meranie reakčnej doby . . . . .	29
5.2	Schéma zapojenia debouncing obvodu tlačidla. Prevzaté z B.6 . . . . .	30
5.3	Priebeh zopnutia tlačidla bez debouncing obvodu. . . . .	31
5.4	Oneskorenie spôsobené Schmittovým klopným obvodom. Modrý priebez- bez ošetrovania. Žltý - s debouncing bovodom. . . . .	31
5.5	Zapojenie spínacích tranzistorov vizualizačnej jednotky. Prevzaté z B.7 . . . . .	32
5.6	Nastavenie generátoru XR-2206. Prevzaté z [29] . . . . .	33
5.7	Časový diagram DS180-100. Prevzaté z [27] . . . . .	34
5.8	Generovaný signál 1kHz na osciloskope UNI-T UT2042C . . . . .	35
5.9	Príkazy Command pre digitálny potenciometer. Prevzaté z [27] . . . . .	35
5.10	Riadiace slovo ovládajúce Pot0, Pot1 I <sub>2</sub> C zbernice. Prevzaté z [27] . . . . .	36
5.11	Stav brán pre riadiace hodnoty pinov IN. Prevzaté z [28] . . . . .	36
5.12	Predný pohľad na merací panel, 1 - ľavý reproduktor, 2 - pravý re- produktor, 3 - 5x RGB LED . . . . .	37
5.13	Schéma DC/DC meniča LM2596 pre +5V aplikáciu [31] . . . . .	41
5.14	Mechanická konštrukcia ovládacích prvkov: a. 10 ergonomicky roz- miestnených snímacích tlačidiel b. tlačidlo pre SRT c. ovládacie tla- čidlá d. LCD displej . . . . .	42
6.1	Ukážka nameraného času osciloskopom. Prístroj nameral 240ms [31] . . . . .	46
A.1	Stromový diagram zobrazovaných položiek menu . . . . .	56
A.2	Stručný, zjednodušený vývojový diagram SRT a RRT merania . . . . .	57
A.3	Stručný, zjednodušený vývojový diagram SERT merania . . . . .	58
B.1	Fotka osadeného plošného spoja . . . . .	59



B.2	Osadzovací výkres strana top . . . . .	60
B.3	Osadzovací výkres strana bottom . . . . .	61
B.4	Plošný spoj strana top . . . . .	62
B.5	Plošný spoj strana top . . . . .	63
B.6	Schéma zapojenia tlačidiel . . . . .	64
B.7	Schéma zapojenia riadaiceho mikrokontroléru ATmega 16, LCD disp- leja RC1604A-BIY-ESX a radiacich portov pre tlačidlá a LED . . . .	65
B.8	Schéma zapojenia NF zosilňovača TDA2615, digitálneho potenciometra DS1083-100, generátoru XR2206 a analógového spínačom MAX323 .	66
B.9	Schéma zapojenia Stabilizátorov 7812 a spínaného DC/DC znižova- cieho obvodu LM2596 . . . . .	67

## ZOZNAM TABULIEK

4.1	Príklady bežných nameraných hodnôt rôznych fyzických aktivít. Prevzaté z [2]	24
4.2	Porovnanie reakčných časov respondentov pre signálne svetlá automobilu - staticé testy. Prevzaté z [22]	26

# ÚVOD

Ludské rozhodnutia a reakcie sú vytvárané prostredníctvom zložitých elektrochemických procesov nervovej sústavy. Rýchlosť s akou sa rozhodujeme a konáme je rovnako podmienená touto zložitou sústavou. Človek sa dostáva do situácií, v ktorých práve rýchlosť dokáže rozhodnúť o jeho úspechu, neúspechu alebo smrti či živote. Túto schopnosť reakcie nazývame reflex. S nepodmienenými reflexmi sa človek už narodí, no podmienené reflexy si človek musí vypestovať a zdokonaľovať. Príliš pomalé reakčné doby podmienených reflexov signalizujú, že s ľudským organizmom niečo nieje v poriadku. Meraním a vyhodnotením reakčnej doby je možné zistiť u meraných osôb poruchy nervovej sústavy alebo činitele, ktoré negatívne pôsobia na organizmus. Meraním sa dá tiež zistiť, ktorí ľudia majú predispozície na oblasti v živote, kde je potreba krátkych reakčných časov.

Cielom práce je oboznámiť sa s problematikou podmienenej reakčnej doby človeka a jej využitím. Po oboznámení sa s problematikou bude ďalším bodom návrh prístroja na meranie podmienenej reakčnej doby u človeka. Ako podnety budú použité akustické a vizuálne efekty.

# 1 REAKČNÁ DOBA

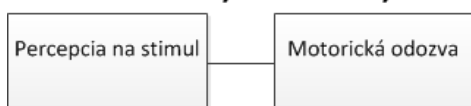
## 1.1 Čo je to reakčná doba

Pod pojmom reakčná doba človeka rozumieme čas, ktorý uplynie od vnemu podmieneného podnetu, po dobu odpovede na tento podnet. Táto podmienená reakcia je na vyššej úrovni ako reflex. Podnetom môže byť napríklad zrakový, sluchový, hmatový stimul. Vnemoc sa rozumie spracovanie informácie CNS (centrálne nervové sústava – Central Nervous System). To sa delí na detekciu a výber reakcie. Podnety môžu byť ľubovoľné, takisto ako aj odozvy (zväčša motorické). Záleží len na type merania. Výsledná hodnota merania je čas. Od typu podnetu alebo požadovanej reakcie sa vyhodnotí príslušná časovo závislá veličina.[2]

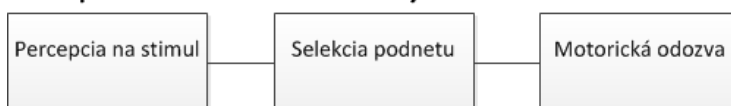
## 1.2 Rozdelenie reakčnej doby

Reakčnú dobu, alebo inak reakčný čas, môžeme rozdeliť podľa typu spracovania podnetu na jednoduchý a zložitý (disjunktívny). Jednoduchý reakčný čas je percepcia a reakcia na jeden podnet. Zložitý reakčný čas sa dá rozdeliť na rozpoznávací a výberový obr. 1.1. Každý z časov zahŕňa aj motorickú odozvu. Táto práca sa venuje komplexnej reakčnej dobe s motorickou odozvou. Existujú merania, ktoré používajú prístroje ako EEG, ktoré môžu sledovať percepciu stimulu priamo v mozgu.[4]

### Jednoduchý reakčný čas



### Rozpoznávací reakčný čas



### Výberový reakčný čas



Obr. 1.1: Rozdelenie reakčnej doby. Prevzaté z [2]

### 1.2.1 Jednoduchý reakčný čas SRT

Jednoduchý reakčný čas je založený na priamej odpovedi, bez zložitejšej zmyslovej činnosti ako výber či rozhodovanie. Testovaný subjekt čaká na podnet a okamžite po percepcii <sup>1</sup>podnetu nasleduje motorická odozva. To môže byť napr. stlačenie tlačidla. Takýmto spôsobom sa dá testovať aj hrubá alebo jemná motorika. Reakcia v tomto prípade pozostáva zo zložitejších, či priestorovo orientovaných pohybov. Jednoduchá reakčná doba na vizuálny podnet je v priemere 180 - 250 ms. Reakčná doba na zvukový podnet je 150 - 160 ms. A priemerná reakčná doba na dotykový podnet je 140 - 150ms. [5]

### 1.2.2 Rozpoznávací reakčný čas RRT

Rozpoznávací reakčný čas je založený na rozpoznaní jednotlivých podnetov v skupine iných a vykonaní jednoduchej odozvy. Napríklad testovaný subjekt pozoruje náhodnú postupnosť znakov z ktorých jeden je určený pre výber pozorovateľom. Disjunktívny rozpoznávací reakčný čas s dvoma podnetmi je zhruba o 100 ms dlhší ako jednoduchý reakčný čas.

### 1.2.3 Výberový reakčný čas SERT

Výberový, alebo tiež rozhodovací či selektívny reakčný čas súvisí s koordinačnými pohybmi. Testovaný subjekt opäť pozoruje náhodnú postupnosť podnetov, pričom jeho úlohou je na isté podnety správne reagovať. Reakcia môže byť napr. stlačenie príslušnej klávesy pridelennej k jednému z podnetov. Pre presnejšie získanie obrazu o procese reakcie pozorovaného pacienta sa využívajú prístroje s ergonomicky rozloženou klávesnicou. Ako príklad spomeniem prístroj firmy Lafayette Instruments, REACTION TIME/MOVEMENT TIME PANEL 35600 obr. 4.3, ktorý má na svojom povrchu zabudované dotykové tlačidlá pre obe ruky, rozložené do dvoch polkruhov. Obdobne sa môžu používať aj priestorovo zložitejšie usporiadané snímače.[2]

---

<sup>1</sup>zmyslové vnímanie

## 2 ZLOŽKY REAKČNEJ DOBY

Ak meriame reakčnú dobu potrebujeme vedieť akú dráhu a za aký čas ju prekoná signál spôsobený podnetom, až po jeho transformáciu v príslušnú motorickú odozvu. Signál podnetu prechádza zo zdroja do prostredia s danými vlastnosťami, cez ktoré sa šíri až k receptoru. Dráha signálu ďalej prechádza cez receptor, detekujúci stimul, do nervového systému až k CNS. Tam je signál spracovaný a ďalej sa šíri nervovým systémom ako informácia pre orgány alebo svalstvo. [6]

### 2.1 Zrakové ústrojenstvo

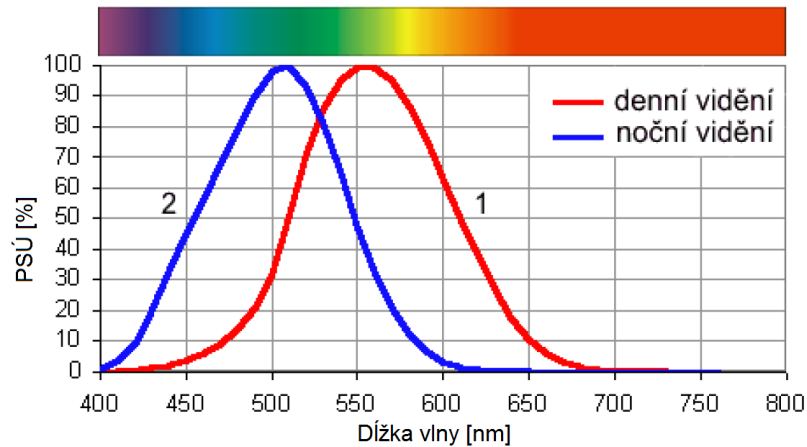
Oko je najdôležitejším exteroceptorom<sup>1</sup>, teda zmyslovým orgánom spracúvajúcim vonkajšie podnety. Je schopné zachytiť elektromagnetické žiarenie v rozhraní 400 - 700 nm. Skladá sa z očnej gule obsahujúcej očné bielko, rohovku, vráskovcový opaštek, dúhovku, cievnatku, sietnicou slepú škvrnu a výplň sklovca. Svetlo prechádzajúce cez rohovku a šošovku dopadá na sietnicu. Na sietnici sú uložené fotocitlivé bunky čapíky a tyčinky. Čapíky sú zodpovedné za farebné fotopické videnie, pri istej úrovni osvetlenia. Tyčinky umožňujú jasové skotopické videnie, pri zníženej úrovni osvetlenia. Pri dopade svetla na tieto fotocitlivé bunky dôjde k ich podráždeniu a následnej chemickej reakcii vyvolávajúcej nervové vzruchy. Pri frekvencii menšej ako 46 obrazov dopadajúcich na sietnicu oka sa objavuje stroboskopický efekt oka. Ak svetlo dopadá do miesta nazývaného žltá škvrna, videnie je najostrejšie, pretože je tu najhustejší výskyt čapíkov. Vnímanie oka je rôzne vzhľadom na polohu predmetu voči jeho optickému ústrojenstvu. Pohyby oka zabezpečujú okohybné svaly. Zorné pole oka môžeme rozdeliť na centrálné a periférne. Centrálné zorné pole tvorí zhruba 1/5 z celkového zorného uhlu oka. Tento uhol je ovplyvnený fyziológiou tváre a PSÚ obr. 2.1. Pre bielu farbu je fyziologicky zorné pole v rozsahu: teporáolne<sup>2</sup> 90%, nazálne<sup>3</sup> 60%, hore 60%, dolu 70%. [6], [7]

---

<sup>1</sup>zmyslový orgán spracúvajúci vonkajšie podnety

<sup>2</sup>Horizontálny smer do strany

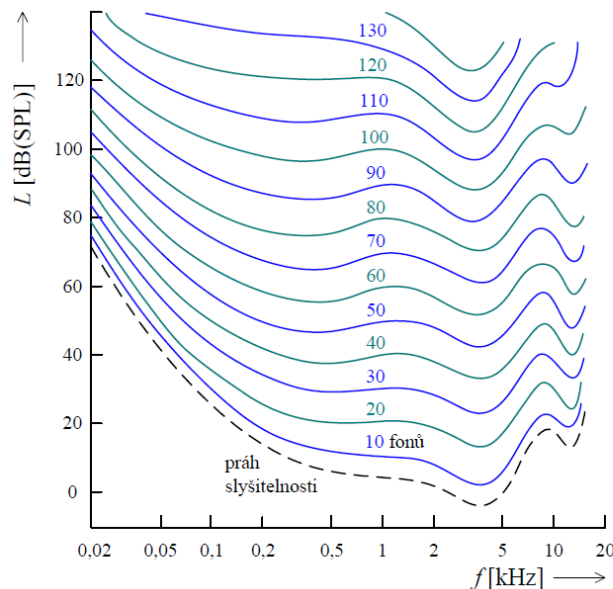
<sup>3</sup>Horizontálny smer k nosu



Obr. 2.1: Rôznou citlivosťou oka na viditeľné spektrum. Prevzaté z [12]

## 2.2 Sluchové ústrojenstvo

Sluch je druhým najdôležitejším zmyslovým orgánom. Akustické pásmo počuteľnosti je 20 - 20 000 Hz. Sluchový zmyslový orgán sa skladá z vonkajšieho, stredného a vnútorného ucha. Vonkajšie ucho sa skladá z ušnice a vonkajšieho zvukovodu. Tvorí akustický filter a smerovosť pre bubienok. Stredné ucho sa skladá z bubienka a troch zvukových kostičiek, kladivka, strmienku, nákovky. Tieto kostičky prevádzajú mechanické kmity bubienku na piestový pohyb strmienku spojeného s okienkovými membránami vnútorného ucha. Transformácia energie pri tomto prevode mechanickej energie je 1:1,1 až 1,3. Vnútorné ucho je zložené z troch kanálikov predsienie a slimáka. Spolu vytvárajú kostený labyrint uložený v spánkovej kosti a blanitý labyrint. Vnútorné ucho je uložené v labyrintovej kvapaline. Pohyby strmienka rozpo-  
hybujú túto kvapalinu. V baziliárnej membráne uloženej v slimákovi sa nachádzajú zmyslové vlásokové bunky. Pohyb kvapaliny stimuluje tieto bunky a vytvára nervové vzruchy vnímané ako zvuk. Ľudské ucho vníma rôzne kmitočty s rôznou intenzitou. Na krivkách rovnakej hlasitosti môžeme pozorovať, aký akustický tlak na rôznych kmitočtoch vyvolá rovnaký vnem hlasitosti ako referenčný tón 1kHz obr. 2.2. Je udávaná jednotke fon[PH]. [6],[8]



Obr. 2.2: Krivky rovnakých hlasitostí. Prevzaté z [9]

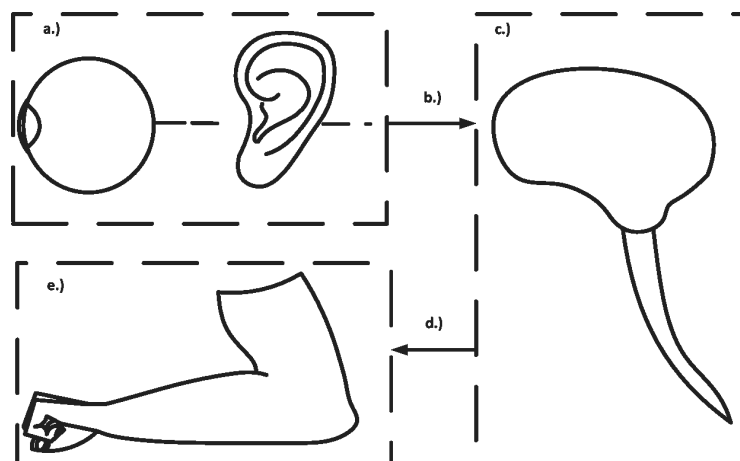
## 2.3 Nervová sústava

Z hľadiska reakčnej doby nás bude zaujímať nervová sústava medzi receptorom a efektorom <sup>4</sup>. Prenosy medzi nimi zabezpečujú nervové spojenia zložené z nervových buniek, neurónov. Neuróny sú spojené synapsami. Komunikujú medzi sebou elektrochemicky. Podráždený neurón vyšle neurotransmitér <sup>5</sup> do priestoru synapтической štrbiny ďalšieho neurónu. Tým dôjde k podráždeniu iónových kanálov na membráne neurónu, ktoré sú zdrojom elektrického potenciálu, informácie. Priepustnosť iónových kanálikov je riadená kationmy Ca. Nervových dráh je v ľudskom tele viacero typov rôznych dĺžok, štruktúr a funkcií. Dráhy sú spojito usporiadané aby zabezpečili plynulý prechod vzruchov. Dostredivé nervové dráhy vedú nervový vzruch do CNS. Odstredivé nervové dráhy vedú motorické vzruchy z CNS obr. 2.3. Rýchlosť šírenia vzruchov po nervových dráhach závisí od štruktúry a typu neurónov. Rýchlosť šírenia vzruchu pre hrubé pohybové vlákno typu alfa je 120 m/s. Vzruch vyvolaný v oku sa dostáva do CNS očným nervom. Dĺžka očného nervu sa pohybuje v rozmedzí 35-55 mm. Z oka dorazí zrakový podnet do mozgu za 20-40 ms. Pre sluch je tento čas kratší vďaka tomu, že je stredné ucho uložené v spánkovej kosti blízko mozgu. Sluchový podnet dorazí do mozgu za 8-10ms. [6],[7]

<sup>4</sup>orgán vykonávajúci akciu

<sup>5</sup>molekula aktivujúca receptory neurónov





Obr. 2.3: Nervová dráha reakčnej doby. a.) zrakový a sluchový receptor b.) dostredivé nervové dráhy c.) CNS d.) odstredivé nervové dráhy e.) motorická sústava

## 2.4 Motorická sústava

Odstredivými nervovými dráhami sa dostáva elektrický signál z CNS do svalov. Konkrétne je pre nás dôležitý jeden z troch typov svalstva. Priečne pruhované (kostrové) svalstvo. Sú to svaly, ktoré môžeme ovládať svojou vôľou. V každej svalovej bunke sa končí jedno vlákno nervosvalovou platničkou, ktorá zabezpečuje nervové spojenie. Pri pohybe svalu dochádza k množstvu zložitých reakcií a vzniku potenciálov. Z celého času reakčnej doby tvorí čas potrebný na pohyb 30%. Tento podiel bol zistený pri motorickej odpovedi vodiča v doprave. Tento pomer percepcie a rozhodovania k motorickej odozve sa mení v závislosti od zložitosti pohybov, čiže zapojených svalov. Najkratšie časy majú drobné svaly, najdlhšie svaly konajúce lokomóciu (presun tela v priestore).[2][10]

## 2.5 Latencia meracej aparatury

Prístroj na meranie reakčnej doby musí obsahovať ovládací alebo snímací prvok, ktorý zaznamená odozvu meraného subjektu na podnet. Musí tiež obsahovať jednotku, ktorá zabezpečuje výpočet, ako je procesor alebo mikrokontrolér. Ďalšou časťou je prvok vytvárajúci podnet. Každý z týchto prvkov potrebuje na vykonanie činnosti čas. Pre meranie je nežiadúci, preto ho prístroje alebo operátor musia od získaného času odrátať.[11]

## 2.6 Celkový reakčný čas

Výpočet komplexného, teda celkového určeného reakčného času  $t_c$  vypočítame ako súčet času percepcie  $t_p$  (audio, video...) a času svalovej odozvy  $t_s$ . Doba rozhodovania  $t_r$  sa môže spočítať zvlášť, pokiaľ ju dokážeme namerať. Inak je zahrnutá v  $t_s$ . Ak do nameranej doby zasahuje latencia meracej aparatury  $t_a$ , musíme ju odpočítať. Potom je celkový reakčný čas nasledovný: [2], [3]

$$t_c = t_p + t_s - t_a \quad (2.1)$$

### 3 OVPLYVNENIE REAKČNEJ DOBY

Reakčnú dobu ovplyvňuje mnoho faktorov. Môže byť ovplyvnená ako podnetom, tak i stavom meraného subjektu.

#### 3.1 Ovplyvnenie reakčnej doby meraného subjektu

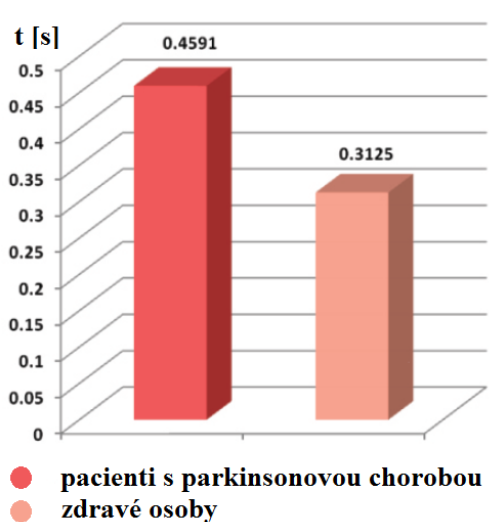
doba meraného subjektu je rovnako ovplyvnená vlastnosťami podnetu. Tak ako existujú rôzne možnosti merania reakčnej doby, tak existujú i rôzne vplyvy na predĺženie alebo skrátenie reakčnej doby u meraného subjektu. Najhlavnejšie vplyvy si teraz uvedieme. [13],[14],[15],[16],[17]

##### Elementy ovplyvňujúce reakčnú dobu subjektu:

- **Pohlavie:** u mužov boli namerané kratšie reakčné časy ako u žien, čo je spôsobené prirodzeným vývojom. Rozdiely sa začínajú prejavovať už v treťom a štvrtom ročníku základnej školskej dochádzky. Rozdiely sú však rádovo v desiatkach milisekúnd, ak mali obe pohlavia rovnaké podmienky na testy a svoj vývin.
- **Vek:** od detstva do dvadsiateho roku života sa ženám i mužom reakčný čas skracuje. Potom sa s pribúdajúcim časom pomaly predlžuje. Od päťdesiateho až šesťdesiateho roku života sa rapídne zväčšuje. Starnutím dochádza ku degenerácii zmyslových orgánov ako sú sluch a zrak.
- **Receptory a efektory:** rýchlosť šírenia vzruchov v tele závisí od kvality nervových dráh, citlivosti receptorov a efektorov. Citlivosť kožných receptorov sa dá zvýšiť rôznym stimulovaním. Fyziológia oka určuje citlivosť na intenzitu a farbu a zorný uhol zrakového receptoru. Pre rôzne vlnové dĺžky a intenzity osvetlenia sa bude oko správať rozlične. Určuje tiež dobu privyknutia si oka z prechodu zo svetla do tmy a naopak. Sluchové ústrojenstvo je tiež citlivé na rôznu frekvenciu a hlasitosť. Spolu s jemnou a hrubou motorikou sa rozvíja i intelekt. Tým sa zlepšuje rozhodovanie a výber správnej odozvy CNS na daný podnet.
- **Tréning:** motorické schopnosti sa dajú zdokonaľovať. Do istej miery závisia od genotypových predpokladov no v športe sa u športovcov správnym tréningom

dajú reakčno-rýchlostné schopnosti zdokonaľiť o 10 - 20 %. Jedná sa o zlepšenie koordinácie a tým aj zefektívnenie pohybu. Reakčná doba sa tak skracuje.

- **Choroby a poruchy** predĺženie reakčnej doby nastáva ak je narušený nervový systém človeka. Buď sa jedná o nedostatok chemických látok a prvkov ako je serotonín a kalcium alebo sa jedná o chorobu a tým o komplexnejšiu poruchu. Choroby ako reumatická artritída či parkinsonova choroba napádajú nervovú sústavu a tým predlžujú reakčnú dobu. Napríklad Parkinsonova choroba spôsobuje ubúdanie dopagéminergických neurónov v oblasti mozgu bazálnych ganglií.<sup>1</sup> Choroby a poruchy môžu napádať aj receptory v zrakovom aj sluchovom orgáne. Niektoré z týchto porúch sú farbosleposť, zákaly, zápaly alebo zmena prahu počutelnosti. Pre dĺžku reakčnej doby sú najpodstatnejšie poškodenia prahu citlivosti týchto orgánov.



Obr. 3.1: Porovnanie reakčnej doby u pacientov trpiacich parkinsonom a zdravých osôb. Prevzaté z[14]

- **Aktuálny stav pozorovaného:** aktuálnym stavom sa rozumie fyzický a psychický stav behom testu reakčnej doby. Psychické a fyzické zmeny navzájom spolu súvisia. Reakčná doba sa znižuje ak sú pacientovi podané lieky znižujúce percepciu externých podnetov, čiže pozornosť. Pozornosť znižujú aj drogy ako alkohol. Rôzne stimulanty ako sú anfetamíny môžu spustiť alebo zvýšiť tvorbu hormónov. Hormóny ako adrenalín skracujú reakčný čas. Fyzická či psychická

<sup>1</sup>bazálne gangliá sú neuróny ovplyvňujúce motorické, kognitívne a emočné funkcie

únava sú tiež príčinou predĺženia reakčnej doby. Rovnako aj stres, prílišná sústredenosť alebo uvoľnenosť.

- **Spôsob merania:** pri fyzicky alebo psychicky náročných meraniach dochádza k únave. Ak sa toto meranie opakuje, znižuje sa pozornosť a reakčná doba sa predlžuje.

## 3.2 Vplyv podnetu na dĺžku reakčného času

Pre každý typ merania reakčnej doby musíme vhodne zvoliť podmienky zdroja podnetu, ak má byť meranie objektívne. [2],[3],[11]

### Elementy ovplyvňujúce reakčnú dobu subjektu:

- **Vizuálny podnet:** Citlivosť zraku je vyjadrená pomocou PSÚ. Najcitlivejšie je oko na zelenú, žltú a potom červenú farbu. Preto ak bude podnet zelenej farby, reakcia bude rýchlejšia ako pre farbu modrú. So zvyšujúcim sa kontrastom medzi podnetmi stúpa aj rýchlosť reakcie. U oka je dôležitý aj uhol pozorovania. Ak sa bude podnet nachádzať v periférnom videní oka, reakčný čas sa predlží. Najkratší reakčný čas môžeme dosiahnuť, ak sa podnet bude nachádzať v centrálnom zornom poli a v dostatočne blízkej vzdialenosti.
- **Akustický podnet:** citlivosť ľudského ucha je udávaná krivkami rovnakej hlasitosti obr. 2.2. Podľa nich je ľudské ucho najcitlivejšie na kmitočty 1 - 3 kHz. K okrajovým akustickým frekvenciám citlivosť klesá. Smer zdroja akustického signálu človek zisťuje pomocou akustického tieňu svojej hlavy a jemnými pohybmi natáčania hlavy. Rovnako ako pri svetle platí, že čím väčší kontrast je medzi podnetmi, tým sa reakčná doba skracuje. Ak sa zvuk dostáva iba do jedného ucha testovanej osobe, vníma ho s nižšou hlasitosťou, ako keď sa ten istý zvuk dostáva do oboch uší. Podnet môžeme byť stereofonický alebo monofonický. Zdrojom akustického signálu môžu byť reproduktory alebo slúchadlá.
- **Vplyv meracej aparatury na dĺžku reakčného času** Meracia aparatura využíva rôzne druhy snímačov a ovládacích prvkov pre zaznamenanie odozvy ľudského tela na podnet. Každý z týchto prvkov má svoju latenciu, ktorá sa musí zohľadniť pri počítaní meranej doby. K tejto dobe je potrebné tiež zahrnúť dobu výpočtu samotného výpočtového prvku. Vzhľadom ku tomu, že

elektrické pole sa šíry rýchlosťou svetla je pre krátke dĺžky latencia vodičov zanedbateľná.

### 3.3 Vplyv odozvy na dĺžku reakčného času

Motorické odozvy na podnet môžu mať rôznu podobu. Pri rôznych odozvách testovaný subjekt zapája rôzne svalové partie. Od toho závisí aj čas reakčnej doby. Čím si pohyb vyžaduje viac svalových jednotiek, tým sa čas reakčnej doby predlžuje.

#### Elementy ovplyvňujúce reakčnú dobu subjektu:

- **Jednoduchá motorická odozva:** pri jednoduchej motorickej odozve sa aktívne podieľa na reakčnom čase iba malá skupina svalov. Najčastejšie sú to svaly zabezpečujúce manipulačný pohyb a drobné svaly v prstoch. Týmto spôsobom sa dá jednoducho merať jednoduchý reakčný čas. Reakcia na podnet je rýchla a závisí od stavu meraného subjektu.[13]
- **Zložitá motorická odozva:** vyžaduje si účasť veľkej svalovej skupiny a veľkých motorických jednotiek. Jedná sa o pohyby v priestore. Do tohoto pohybu môžu byť zapojené horné aj dolné končatiny, prípadne celé telo. Jedná sa o lokomóciu a manipuláciu. Merania reakčnej doby so zložitými motorickými odozvami sú časté u športovcov. Osoba podrobujúca sa tomuto testu je testovaná na koordinačné pohyby, priestorové pohyby, a udržiavanie rovnováhy. Riadenie veľkých motorických jednotiek je zložitejšie a vyžaduje si aktívnu spoluprácu s CNS. Preto sú tieto časy dlhšie ako u jednoduchých odoziev.

## 4 MERANIE A VYUŽITIE REAKČNEJ DOBY

Reakčný čas obsahuje informáciu o dĺžke percepcie, rozhodovaní a motorickej odozve. Praktickým meraním na veľkom množstve respondentov rôznych skupín a znalosťou fyziológie nervového systému boli stanovené priemerné časy pre konkrétne meranie reakčnej doby. Merania sú ovplyvňované množstvom podnetov a preto sa objektívne meranie realizuje ťažko. Podstatou meraní je preto zistiť prípadné odklonenia nameraného času od teoreticky vypočítaného alebo meraného. Výsledky meraní reakčného času využívajú rôzne odvetvia.

### 4.1 Meranie a využitie reakčnej doby v športe

V športe sú reakčné časy dôležité pre dosiahnutie vynikajúcich výsledkov tab. 4.1. Mnoho profesionálnych športovcov sa preto pravidelne podrobuje rôznym testom na zmeranie testovania kondície, reflexu a reakčného času. Meria sa u nich čas absolútny i vlastný relatívny čas. Ak dôjde ku zhoršeniu reakčného času, skúmajú sa príčiny a následne sa upravuje tréningový plán alebo zahájí liečba. V prípade, že dôjde k zlepšeniu reakčného času je skúmaná dopingová činnosť športovca. Tieto merania sa vykonávajú nielen u športovcov ale tiež u vojakov či policajtov. Udávajú totiž ich aktivačnú úroveň. Aktivačná úroveň vyjadruje pohotovosť organizmu k reakcii. Športový priemysel sa zaujíma o vplyvy pôsobiace na zmenu reakčného času. Pri výrobe a vývoji športového vybavenia sa tým docieľuje zvýšenie výkonu a tým aj menších časov v športoch. Existujú aj prístroje umožňujúce meranie reakčného času pri tréningoch. Jedným z prístrojov je merač rýchlosti úderov Hitmaster personal trainer od spoločnosti Making an impact on the world obr. 4.1. Jedným z profesionálnych meracích prístrojov v športe je FiTRO Agility Check od firmy Fitronic s.r.o vytvorený na FTVŠ UK obr. 4.2. Obsahuje ručné aj nožné spínače pre komplexné meranie reakčnej doby. [5],[13],[18],[19]

#### 4.1.1 Príklady nameraných hodnôt reakčnej doby športovcov



Obr. 4.1: Hitmaster Professional trainer. Prevzaté z [19]



Obr. 4.2: FiTRO Agility Check. Prevzaté z [18]

Tab. 4.1: Príklady bežných nameraných hodnôt rôznych fyzických aktivít. Prevzaté z [2]

Druh reakcie po vizuálnom podnete	Bežná, jednoduchá reakčná doba [ms]
Stlačenie tlačidla	180-200
Priamy úhod pažou	270-330
Úhod stranou	270-330
Vonkajší rotačný úhod	260-290
Oblúkový kop zdola vzdialenejšou nohou	240-280
Kruhový kop zdola do výšky holene bližšou nohou	300- 380
Výpad z bojového stredu o stopu vpred	260-300
Výpad z bojového stredu o stopu vzad	260-280
Úhyb hlavou vzad	230-260
Úhyb hlavou stranou	230-280



## 4.2 Meranie a využitie reakčnej doby v multimedialnom priemysle

Pri tvorbe multimedialných médií su využívané znalosti reakčného času na vlastnostiach podnetu. Multimedialny priemysel zahŕňa herný ale aj reklamný priemysel. V hernom priemysle sa vyvíjajú rozhrania využívajúce reakčnú odozvu. Umožňujú napríklad prenos signálov z odstredivých nervových dráh, pre pohodlné urýchlenie reakcie. V reklamnom priemysle sa zaoberajú rýchlosťou spracovania podnetu, tak aby aj pri jeho veľkej rýchlosti zostal v pozornosti pozorovateľa. Hľadajú sa hranice podprahového vnímania pre rôzne vlastnosti podnetov. [20]

## 4.3 Meranie a využitie reakčnej doby v medicíne

Výsledky z meraní reakčnej doby pomáhajú určiť niektoré druhy ochorení ako sú Parkinsonova choroba alebo svalová dystrofia. Pri týchto ochoreniach dochádza ku zhoršeniu vodivosti nervových dráh a preto narastá aj reakčný čas. V kombinácii s rozmanitou motorickou odozvou a prístrojov monitorujúcich nervovú sústavu je možné sledovať slabé články reakčnej doby v tele. Spojenie EEG s prístrojmi ako REACTION TIME/MOVEMENT TIME PANEL 35600 od firmy Lafayette Instrument obr. 4.3 umožňuje zistiť čas percepcie, rozhodovania, i motorickej odozvy. Meraním daných podnetov sa dá zistiť porucha receptorov. Zrakový orgán je podrobovaný meraniu pre kombinácie vlastností podnetu ako priestorovosť a intenzita. [5],[7],[14],[16],[21]



Obr. 4.3: REACTION TIME/MOVEMENT TIME PANEL 35600. prevzaté z [21]



Obr. 4.4: Prístroj na meranie reakčného času ruky. Prevzaté z [16]

## 4.4 Meranie a využitie reakčnej doby v automobilovom priemysle

Kvôli zvýšeniu bezpečnosti, rýchlosti a efektivity sa v automobilovom priemysle robia testy na reakčné časy. Testujú sa napríklad reakcie vodiča na vizuálne signály okolia a dopravných prostriedkov. Pracuje sa na prostriedkoch skrátenia brzdných dráh a systémoch napomáhajúcich skráteniu reakčnej doby vodiča. Osoba ovládajúca vozidlo je ovplyvňovaná intenzitou zvuku vo vozidle, prístrojovým usporiadaním vozidla, ovládacími a signalizačnými prvkami. Snaha je minimalizovať ovplyvnenie reakčnej doby vodiča. Preto bezpečnostné jednotky nahrádzajú niektoré defekty vo vnímaní podnetov vo vozidle i mimo neho. [2],[22]

### 4.4.1 Príklady nameraných hodnôt reakčnej doby vodičov automobilov

Tabuľka nameraných hodnôt 4.2 porovnáva reakčné časy LED svietidiel so žiarovkami. Testu sa zúčastnilo 21 mužov a žien vo veku 21 - 55 rokov. Jednalo sa o statický test, mimo cestnú premávku. Test dokázal, že na LED signálne svetlá sú reakčné časy kratšie ako na žiarovky.

Tab. 4.2: Porovnanie reakčných časov respondentov pre signálne svetlá automobilu - statické testy. Prevzaté z [22]

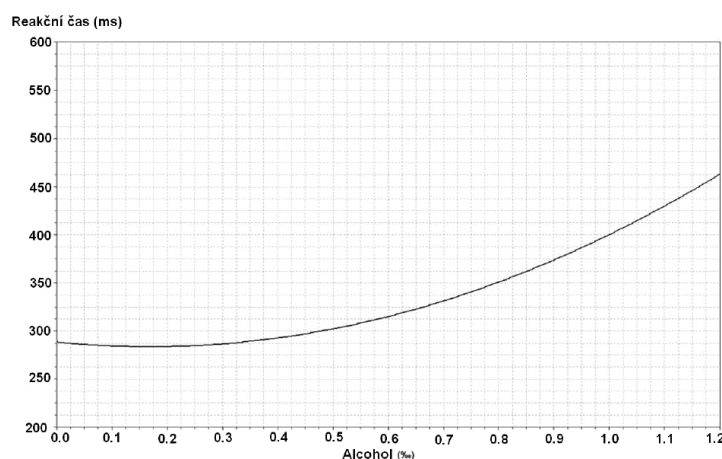
Hodnotené skupiny osôb	Reakčná doba [ms]			
	žiarovky	LED + HMSL	LED + R/L	všetko LED
denný priemer	250,5	210,6	175,4	152,8
ženy	286,7	233,3	193,4	170,9
muži	225,4	194,9	163,0	140,3
nočný priemer	203,9	172,7	161,0	129,7
ženy	225,0	184,0	178,9	150,4
muži	175,7	157,6	137,1	102,2
celodenný priemer	227,16	191,65	168,23	141,28
ženy	255,85	208,67	186,16	160,65
muži	200,54	176,24	150,07	121,24

## 4.5 Meranie a využitie reakčnej doby z obecného hľadiska

Zo širšieho hľadiska existujú situácie, kedy je príliš dlhá reakčná doba neprípustná. Napríklad v doprave spôsobuje pomalá reakčná doba zvýšené riziko autonehody. V niektorých prípadoch a povolaniach sa vyžaduje čo najkratší reakčný čas. Povolania ako vojenský stíhač pilot si vyžadujú prísne skúšky a nízky reakčný čas. Existujú látky ktoré sú charakteristické znížením alebo zvýšením pozornosti. Ani vodič automobilu alebo gymnasta si nemôže dovoliť svoj reakčný čas spomaliť. Preto sa vydávajú zákazy a povolenia na presné užívanie týchto látok, keďže aj pri pozitívnom vplyve na reakčnú dobu majú vedľajšie účinky. Rovnako významný a sledovaný údaj je fyzická a psychická sviežosť.[2],[3]

### 4.5.1 Príklad nameranej závislosti reakčnej doby na hladine alkoholu v krvi

Z nameranej závislosti pozorujeme, že pri 0,08‰ u meraných subjektov spôsobilo mierne zvýšenie reakčnej rýchlosti. Väčšie hodnoty alkoholu v krvi spôsobovali negatívnu determináciu reakčného času obr. 4.5 [2]



Obr. 4.5: Závislosť reakčného času na hladine alkoholu v krvi. Prevzaté z [2]

## 5 NÁVRH PRÍSTROJA NA MERANIE REAKČNEJ DOBY

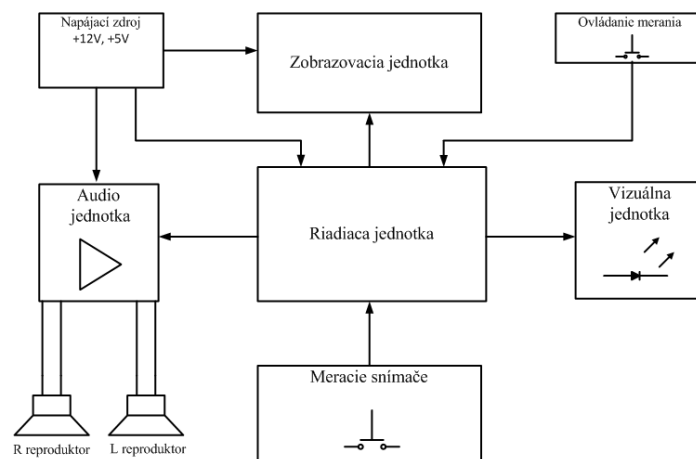
Zadaním tejto bakalárkšej práce je navrhnuť prístroj na meranie a vyhodnotenie reakčnej doby človeka na základe audio-vizuálnych podnetov.

**Zvolené parametre prístroja:**

- **3 typy meraní reakčného času:** jednoduchý, rozpoznávací, výberový
- **3 typy frekvencie zvukovej signalizácie:** 500 Hz, 1000 Hz, 10 000Hz
- **3 typy svetelnej signalizácie:** červená, zelená, modrá
- **Hlasitosť:** nastavenie úrovne hlasitosti
- **Snímače:** možnosť použitia iných snímačov
- **Signalizačné zariadenie:** možnosť použiť iných signalizačných prostriedkov (podnetov)

### 5.1 Bloková schéma

Prístroj sa skladá z riadiacej jednotky, ktorá sa stará o výpočet reakčnej doby a riadenie zobrazovacej jednotky. Zobrazovacia jednotka funguje spolu s ovládaním merania ako užívateľské rozhranie. Umožňuje výber merania a zobrazuje jeho výsledky. Vizualna a audio jednotka sa starajú o vytváranie vizuálneho a akustického podnetu. Sú ovládané riadiacou jednotkou v závislosti na zvolenom type merania. Meranie sa zaznamenáva pomocou meracích snímačov. O fungovanie jednotlivých blokov zariadenia sa stará napájací zdroj.



Obr. 5.1: Bloková schéma prístroja na meranie reakčnej doby

## 5.2 Návrh meracích snímačov

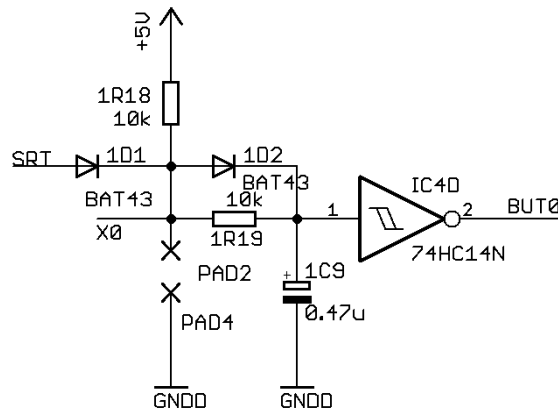
Snímanie motorickej odozvy na podnety je volené pomocou tlačidiel. Na meranie DRT je použitých desať tlačidiel BUT0 - BUT9. Sú ošetrené proti zákmitom RC členom a Schmittovým klopným obvodom obr. 5.2. Desať tlačidiel zodpovedá desiatim prstom ruky. Pre prirodzený prístup sú ergonomicky rozmiestnené na vrchnom kryte prístroja. Paralelne k týmto tlačidlám sa dajú pripojiť ľubovoľné ovládacie prvky TTL logiky. Ďalším tlačidlom bude tlačidlo SRT. Je to tlačidlo určené na meranie jednoduchého a rozpoznávacieho reakčného času. K SRT tlačidlu sú pripojené aj tlačidlá BUT0 - BUT9. Časová konštanta RC členu  $\tau$  je rovná:

$$\tau = R \cdot C \quad (5.1)$$

$$\tau = 10k \cdot 1\mu = 10ms$$

RC článok a Schmittov klopný obvod spolu tvoria tzv. debouncing obvod. Tlmí kmity tlačidla vďaka  $\tau$  a rozhodovacej úrovni Schmittovho klopného obvodu, čiže jeho hysterézii. Vďaka dióde D 102 je aktívny pri vybíjaní a nabíjaní len jeden z odporov R. Dióda D 101 privádza napätie na vstup SRT riadiacej jednotky. H úroveň zabezpečuje Pull-up rezistor. Výstupy Schmittových klopných integrovaných obvodov 74HC14N sú priamo pripojené na riadiacu jednotku. Použitie tlačidiel zapojených ako klávesnica je z hľadiska snímania času menej výhodné, kvôli zložitejšiemu

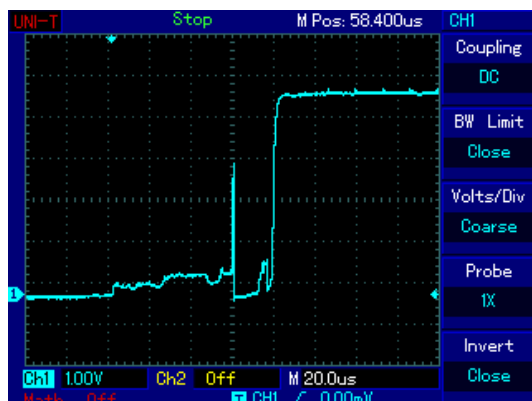
softvérovému spracovaniu. Zaznamenanie stlačenia tlačidla indikuje externé prerušenie riadiacej jednotky INT0 - SRT. Skenovanie kláves preto bude prebiehať až pri externom prerušení. [23]



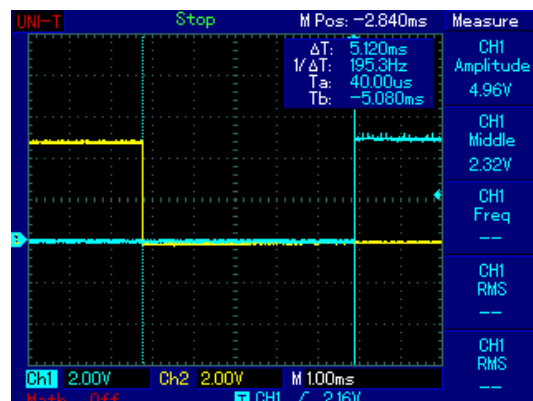
Obr. 5.2: Schéma zapojenia debouncing obvodu tlačidla. Prevzaté z B.6

### Realizácia ochrany proti zákmitom

Na obráku 5.3 a 5.9 sú priebehy napätí pri stlačení tlačidla BUT1 namerané osciloskopom UNI-T UT2042C, projeným na PC cez USB rozhranie. Modrý priebeh napätia v obrázku 5.3 je bez ošetrenia debouncing obvodom. Modrý priebeh v obrázku 5.9, je ošetrený proti zákmitom Schmittovým klopným obvodom. Ako je vidieť z obrázku, tento obvod zanáša nežiadúcu latenciu do merania 5,120 ms. Preto je vhodné s touto latenciou počítať pri meraní výberovej reakčnej doby. Ďalším riešením, ktorým boli minimalizované zákmity je použitie kvalitných spínačov značky OMRON EN-B3F.[36]



Obr. 5.3: Priebeh zopnutia tlačidla bez debouncing obvodu.



Obr. 5.4: Oneskorenie spôsobené Schmittovým klopným obvodom. Modrý priebeh- bez ošetrenia. Žltý - s debouncing bovodom.

## 5.3 Návrh ovládania riadenia

Ovládacie rozhranie si vyžaduje minimálne tri tlačidlá. Prvé z nich je potvrdenie (ENTER). Má za úlohu vchádzať do jednotlivých menu a potvrdzovať zvolené údaje. Druhé tlačidlo pohyb kurzoru (CURSOR) umožňuje pohyb kurzoru z hora na dol. Tretie tlačidlo zabezpečuje návrat z aktuálnej pozície na nižšiu úroveň (BACK). V takomto poradí sú tlačidlá umiestnené na paneli v pravo od displeja. Ovládacie tlačidlá sú zabezpečené proti zákmitom softvérovým riešením.

## 5.4 Návrh vizualizačnej jednotky podnetu

Od vizuálnej jednotky požadujeme dorú a nerušenú viditeľnosť s dostatočným jasom. Zmena intenzity a vlnovej dĺžky vizuálneho podnetu sú súčasťou merania. Pri použití 5 RGB LED, ktoré sa dajú nezávisle spínať, to poskytuje obrovské možnosti merania. K meraniu je zvolená v tomto prípade iba zmena vlnových dĺžok všetkých RGB LED naraz. RGB LED sú umiestnené na 60cm dlhom kovovom paneli. Je tu preto možnosť využívať čiastočne priestorové meranie reakčného času v horizontálnej osi hlavy. Pohľad na merací panel obr. 5.12. Merané vlnové dĺžky zodpovedajú červenej, modrej a zelenej farbe. Katódy LED sú jednotlivo spínané tranzistormi T1-T5. Obr. 5.3 Umožní to výber jednej alebo skupiny LED. Farby sú spínané paralelne u všetkých RGB LED pomocou troch spínacích tranzistorov. Q1 - Q3. Tranzistory Q sú unipolárne, pretože v zopnutom stave by dochádzalo k poklesu napätia na RGB

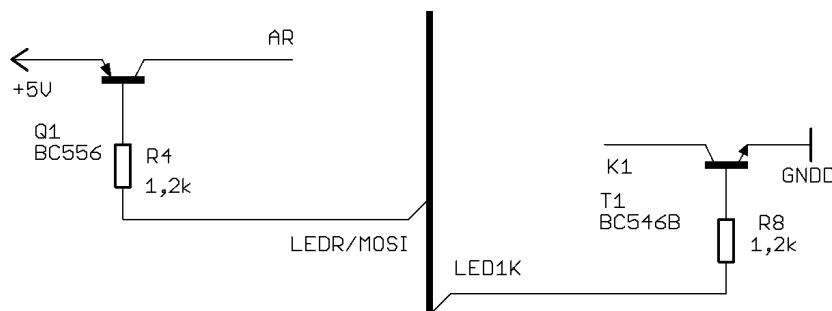
LED o napätie  $U_{BE}$  obr. 5.9 Prúdy RGB LED nesmú prekročiť hodnotu 30mA. Preto je potreba umiestniť k RGB LED odpory. Pre rovnakú svietivosť je vhodné odpory zapojiť na výstup anód AR, AG, AB.  $I_A = 30 \text{ mA}$  a napätie  $U_D = 5 \text{ V}$ . Podľa Ohmovho zákona platí:

$$R = \frac{U_D}{I_A} \quad (5.2)$$

$$R = \frac{5}{0.03} = 166\Omega$$

Najbližšia hodnota pre reálne súčiastky je  $180 \Omega$ , prúd 27,777 mA

Jas je možné nastaviť pomocou softvéru ako zmenu striedy. Pri kombinácii zmeny striedy všetkých diód RGB LED je možné dosiahnuť zmenu vlnovej dĺžky (farby). Výstupy tranzistorov sú privedené na konektor typu CANNON 9 pin. Je nutné dávať pozor na dodržanie maximálneho odberu pripojeného vizualizačného zariadenia.



Obr. 5.5: Zapojenie spínacích tranzistorov vizualizačnej jednotky. Prevzaté z B.7

## 5.5 Návrh audio jednotky

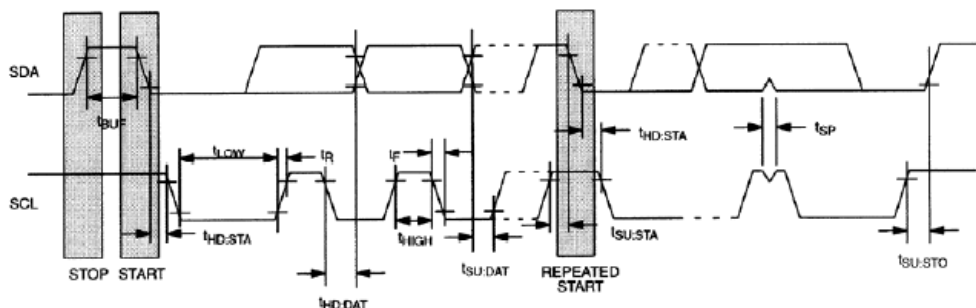
Audio jednotka má za úlohu produkovať akustické signály v rozsahu akustického pásma 20 Hz - 20000 Hz rôznej hlasitosti. Preto zariadenie potrebuje akustický generátor. Mal by byť preladiteľný na viacero frekvencií aby rozšíril možnosti merania. Na tento účel bol zvolený integrovaný obvod, generátor XR-2206P od firmy Exar. Ten vytvára sínusový signál ktorý je ďalej spracovaný digitálnym potenciometrom hlasitosti DS1803 od firmy Maxim Integrated Products. Spracovaný signál vchádza do obvodu MAX323 duálneho analógového audio multiplexoru od firmy Maxim Integrated Products. Tento obvod je zapojený tak aby mohol prepínať vstupy NF hifi





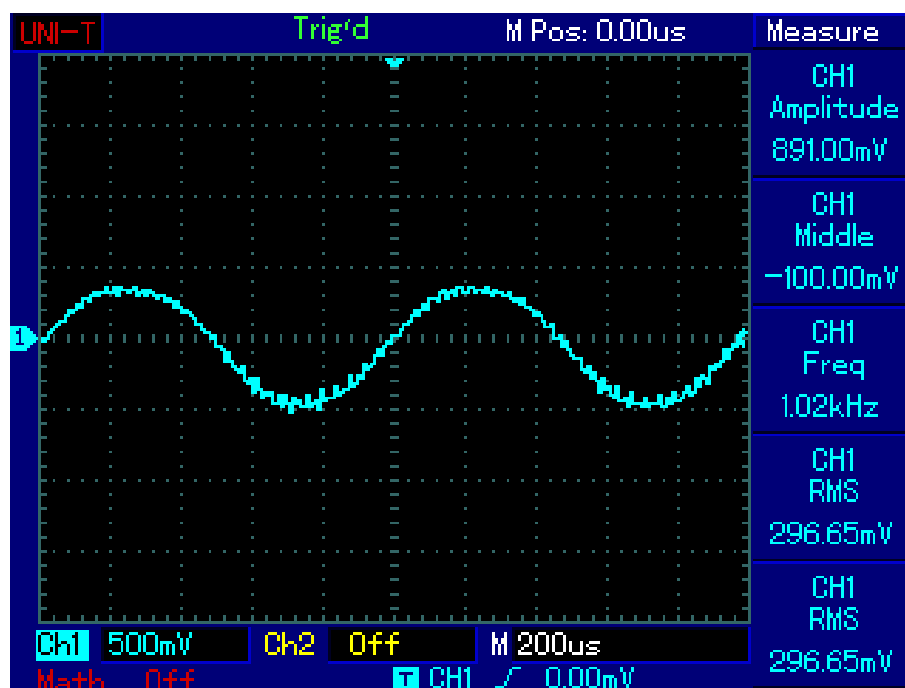
### 5.5.2 Digitálny potenciometer DS1803-100

Digitálny potenciometer DS1803-100 je dvojkanálový elektronický potenciometer riadený pomocou I<sup>2</sup>C zbernice. Riadenie prebieha podľa obr. 5.7. Ako prvý je použitý bit štart, pripadajúci zmene dátového toku z H úrovne na L počas hodinového signálu v úrovni H. Nasleduje bajt ovládania (Control byte), ktorým vyberieme adresu zariadenia. V tomto prípade je adresa zariadenia volená od MSB 0 1 0 1 A2 A1 A0 R/W po LSB. Keďže žiadne iné zariadenie používajúce I<sup>2</sup>C komunikáciu nieje použité, A0 -A2 sú privedené na nízku úroveň. R/W je pre zápis zvolené 0. Ďalším v poradí je príkazový bajt (Command byte). Podľa toho, akému potenciometru chceme dáta poslať sa nastaví na požadovanú hodnotu podľa obr. ???. Takto sa vyberie jeden z potenciometrov a nastaví sa mu hodnota odporu. Hodnota kroku je daná  $R_{TOT}/255$ .  $R_{TOT}$  je maximálny odpor súčiastky. Pre DS1803-100 je to 100 k  $\Omega$ . 255 znamená počet krokov. Nastavenú hodnotu posielame ako dátové slovo po ovládacom a riadiacom bajte. Obr. 5.10. Pre presné nastavenie sínusového signálu 1 kHz treba poslať do potenciometra hodnotu 203. Je to hodnota kompenzujúca nepresnosti súčiastok a rešpektujúca zapojenie bežca voči okrajom potenciometru. Obr. 5.8



Obr. 5.7: Časový diagram DS180-100. Prevzaté z[27]

Digitálny potenciometer ovláda jedným kanálom hlasitosť signálu vstupujúceho do digitálneho prepínača MAX323CPA a NF zosilňovača TDA2615. Maximálne pracovné napätie rezistoru nesmie prekročiť napájacie napätie  $V_{CC} = 5$  V. Maximálny prúd je 1 mA.

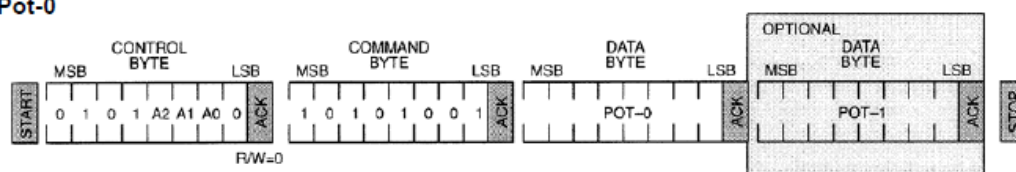


Obr. 5.8: Generovaný signál 1kHz na osciloskope UNI-T UT2042C

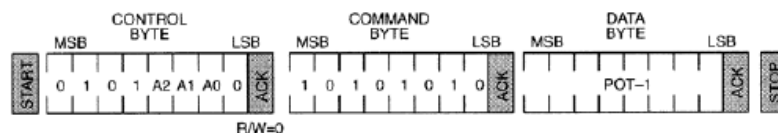
COMMAND	COMMAND VALUE
Write Potentiometer-0	101010 01
Write Potentiometer-1	101010 10
Write Both Potentiometers	101011 11

Obr. 5.9: Příkazy Command pro digitální potenciometer. Prevzaté z [27]

### Write Pot-0



### Write Pot-1



Obr. 5.10: Riadiace slovo ovládajúce Pot0, Pot1 I<sub>2</sub>C zbernice. Prevzaté z [27]

## 5.5.3 Analógový audio multiplexor MAX323CPA

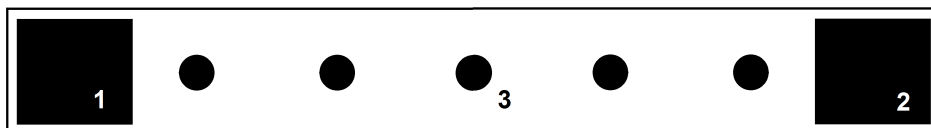
Z generátoru XR2206 vychádza sínusový signál. Ten je potreba prepínať medzi pravým a ľavým reproduktorom. Túto funkciu zaobstaráva nízkonapäťový precízny analógový prepínač od firmy Maxim Integrated Products. Na dve z jeho brán COM1 a COM2 je privedený sínusový signál generovaný generátorom XR-2206. Signál je prepínaný medzi dvoma bránami N01 a N02. Pravý reproduktor R je zapojený na N01 a ľavý L na N02, kedy sa signál dostáva do NF zosilňovača. Signály z IN1 a IN2 sa tak spínajú či rozspínajú podľa kombinácie na spínacích pinoch N01 a N02. Riadenie podľa bitovej hodnoty na riadiacom pine je znázornené na obr. 5.11. Z tabuľky stavov vyplýva, že ak bude na pin IN1 privedená logická úroveň H signál prejde kanálom IN1. Napäťové úrovne pre IN riadiace piny sú:  $H = 2\text{ V}$ ,  $L = 0,8\text{ V}$ . Rozsahy vstupných napätí sa pohybujú od 0 do  $+V_{SS}$ . Odpor v zopnutom stave je  $33\ \Omega$ .

MAX323	
LOGIC	SWITCH
0	OFF
1	ON

Obr. 5.11: Stav brán pre riadiace hodnoty pinov IN. Prevzaté z [28]

### 5.5.4 NF koncový zosilňovač TDA2615

Jedná sa o dvojkanálový Hi-fi audio výkonový zosilňovač s výkonom šesť wattov na kanál. Šírka prenášaného pásma  $B = 40 - 20\,000$  Hz so skreslením 0,5%. Napäťový zisk  $G_v$  je 30 dB pre symetrické napájacie napätie 12 V. THD má hodnotu 0,2%, ak je napätie  $V_P = 24$  V a  $P_o = 4$  W. Funkcia MUTE odpája interný predzosilňovací obvod od koncového. V tejto aplikácii však nieje využitá. Zosilňovač je zapojený podľa schémy pre nesymetrické napájacie napätie. Zatažovacia impedancia má hodnotu  $R_L = 8\ \Omega$ . To znamená, že rovnakej impedancie musia byť aj pripojené reproduktory, ktorých frekvenčný rozsah by mal byť 180 - 18 000 Hz. Umiestnenie reproduktorov na meracom paneli je znázornené na obr. 5.12. Pred vstupom do NF zosilňovača v každom kanáli je navrhnutý operačný zosilňovač TL072 zapojený ako neinvertujúci zosilňovač. Na jeho vstupe je filter RC - dolná prípust.



Obr. 5.12: Predný pohľad na merací panel, 1 - ľavý reproduktor, 2 - pravý reproduktor, 3 - 5x RGB LED

## 5.6 Návrh zobrazovacej ovládacej jednotky

Prístroj potrebuje užívateľské rozhranie, pomocou ktorého si užívateľ bude voľiť typ merania a jeho parametre. Z tohoto dôvodu je vhodné použiť na zobrazovanie údajov LCD. Je v ňom vytvorené menu meraní a pomocou ovládacích tlačidiel sa v ňom je možné pohybovať.

### 5.6.1 Štvorriadkový LCD RC1604A-FHW-ESX

Vhodné bolo zvoliť dostatočne veľký displej, na ktorom by bol údaj zreteľne viditeľný. Takýmto displejom je RC1604A-FHW-ESX od firmy Raystar. Jedná sa o 4x16 znakový pozitívny, transreflexný modrý LCD displej, so zelenožltým podsvietením. Transleflexivita displeja zaručuje dobrú čitateľnosť na svetle a vďaka podsvieteniu i v tmavých podmienkach.

Na riadenie displeja je použitý obvod ST7066U. Je kompatibilný s HD44780 a obsahuje európsku štandardnú sadu znakov. Kvôli úspore riadiacich pinov je použitá

redukovaná štvorbitová komunikácia využívajúca dátové piny DB4 - DB7. Zapojený je pin RS určujúci prenos inštrukcie alebo dát a spúšťací vzorkovací impulz E. Pin  $\overline{R/W}$  je pripojený na GND. V tejto aplikácii totiž stačí iba zápis do LCD. Ten je možný pokiaľ je  $\overline{R/W}$  rovný L a RS je rovný H. Pre štvorbitovú komunikáciu je inicializácia displeja nasledovná:

- **zapnutie napájania**

čakanie 40ms

- **nastavenie funkcie:**

0 0 0 0 1 1 X X X X

a čakanie >37us

- **nastavenie funkcie:** 0 0 0 0 1 0 X X X X

0 0 N F X X X X X X

(N: číslo riadku 2/1, F veľkosť fontu 5x11/5x8)

čakanie >37us

- **nastavenie funkcie:** 0 0 0 0 1 0 X X X X

0 0 N F X X X X X X

(D = 1 celý displej zapnutý, C = 1 kurzor zapnutý, B = 1 zapnutá pozícia kurzoru

čakanie >37us

- **displej on/off funkcia:** 0 0 0 0 0 0 X X X X

0 0 1 D C B X X X X

čakanie >37us

- **funkcia vyčistenie displeja:** 0 0 0 0 0 0 X X X X

0 0 0 0 0 1 X X X X

čakanie >1520us

- **funkcia nastavenie kurzora na displeji:** 0 0 0 0 0 0 X X X X

0 0 0 1 I/D S X X X X ( I/D, S: nastavenie pohybu kurzoru a posuvu na displeji) čakanie >1520us

- **koniec inicializácie**

Inicializácia trvá dohromady 1,708 ms. Znaký na inicializáciu sú v pamäti CG-ROM a pomocou pamäti DDRAM sú adresované na displej. Displej je riadený 5 voltovou TTL logikou a napájaný 5V. Podsvietenie displeja zabezpečuje rezistorový delič napätia zložený z  $R_1 = 33 \Omega$  a  $R_3 = 82 \Omega$ . Maximálny prúd prechádzajúci do displeja je 43 mA. Kontrast sa nastacvuje cez trimer  $R_2$  pripojený cez bežec na VO.

## 5.7 Riadiaca jednotka

Podľa zvolených častí zariadenia potrebuje riadiaca jednotka tridsaťdva vstupných a výstupných pinov. Potrebuje ovládať paralelnú komunikáciu s LCD displejom, dostatočne rýchlo spracovať dáta zo snímacích tlačidiel a komunikovať po I<sub>2</sub>C zbernici. Najvhodnejšia voľba je mikrokontrolér. Sú dostatočne rýchle a obsahujú množstvo periférií. Z praktického hľadiska je najvhodnejšou voľbou výkonový mikrokontrolér ATmega16 od firmy Atmel.

### Mikrokontrolér ATmega 16

Je to 8 bitový výkonový mikrokontrolér. Tu je bližšia špecifikácia:

- 16KB programová pamäť FLASH
- 1KB pamäť SRAM
- 512B pamäť EEPROM
- výkon 16MIPS na 16MHz
- integrovaný RC oscilátor s preddeličkou
- možnosť programovania ISP
- programovanie všetkých typov pamäti cez JTAG
- podpora On-chip Debugingu priamo v aplikácii
- podporuje 21 typov prerušení, resetov
  
- 32 vstupno/výstupných pinov
- programovateľné pull-up rezistory pri vstupnom režime
- 2 8-bitové čítače/časovače
- 1 16-bitový čítač/časovač
- 4 PWM jednotky
- 8 kanálový 10-bitový A/D prevodník
- jednotka pre sériovú komunikáciu USART
- TWI jednotka kompatibilná s I<sub>2</sub>C zbernicou
- programovateľný watchdog s vlastným oscilátorom

- **zaťažiteľnosť na vstupno/výstupný pin 40 mA**
- **napájací rozsah 4,5 - 5,5 V**

Na pin PD2 (16) je privedená signál SRT. Tento pin tiež ovláda externé prerušenie INT0. Každé zo snímacích tlačidiel privádza impulz na tento pin. Má to tú výhodu, že až keď dôjde k internému prerušeniu INT0, mikrokontrolér načíta údaje z tlačidiel a nemusí tak dochádzať k stálemu skenovaniu. Externé prerušenie sa nastavuje v registroch pre externé prerušenie MCUCR, GICR, GIFR. V registri MCUCR sa nastavuje akcia INT0 na vzostupnú hranu. Na meranie času sú vhodné časovače. ATmega 16 má k dispozícii tri časovače/čítače TIMER0, TIMER1, TIMER2. TIMER1 je 16bit. ostatné časovače sú 8bit.

Elektronický potenciometer DS1803-100 potrebuje na riadenie signálové piny I<sup>2</sup>C zbernice SCL a SDA. Tie sú pripojené na PC0 (22) a PC1 (23) pinoch Atmega16. Firma Atmel používa pre sériovú dvojvodičovú komunikáciu názov TWI. Je kompatibilná s I<sup>2</sup>C rozhraním. TWI sa nastavuje pomocou registrov TWBR, TWCVR, TWSR, TWDR, TWAR. Počet možných zapojení na TWI zbernicu je obmedzený 400 pF kapacitou a 7-bitovou adresou. Maximálna frekvencia SCL je 400 kHz. Pre ovládanie potenciometra stačí SCL < 100 kHz. Výpočet minimálnej hodnoty Pull-up rezistorov pre ľahšie pripnutie k H úrovni pri  $V_{CC} = 5 \text{ V}$  je:

$$R = \frac{V_{CC} - 0,4}{3 \cdot 10^{-3}} \quad (5.4)$$

$$R = 1533,33\Omega$$

Na piny XTAL1, XTAL2 je pripojený externý 16 MHz kryštál zabezpečujúci stabilitu a hodinový signál.

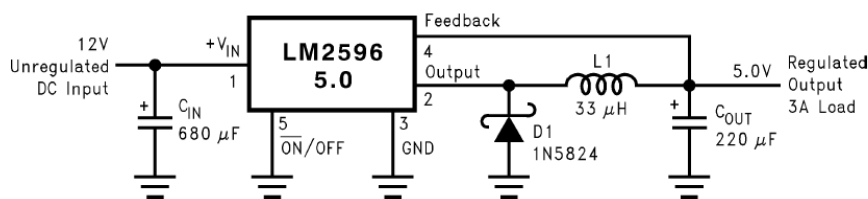
### 5.7.1 Napájací zdroj

Napájacia jednotka musí byť schopná dodať analógovej aj digitálnej časti potrebné napätie. Pre TDA2615 a XR2206 je to +12V. Pre zvyšné časti je to +5 V. Použitý je transformátor so sekundárnym napätím 1 x 12V. Obvod TDA2651 je možné napájať len usmerným filtrovaným napätím. Toto napätie je väčšie ako 12V a je filtrované kondenzátorom ZC5 4700  $\mu\text{HF}$ . Pre ostatné obvody sú napätia stabilizované najskôr na 12V a potom sa pomocou obvodu LM2596 zníži napätie na +5 V. Ku každému napájaniu logického obvodu je pridaný keramický blokovací kapacitor o hodnote 68 nF. B.9. K stabilizátorom sú pripevnené chladiče.



## DC/DC Step-Down menič LM2596

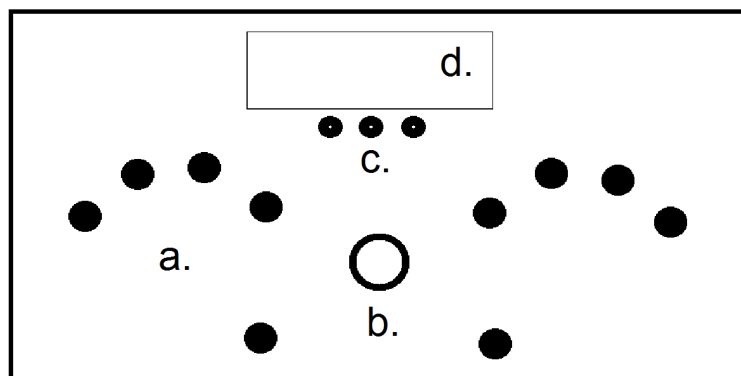
Znižujúci spínaný konvertor LM2596 znižuje napätie 12V na 5V. Je vhodnejší ako lineárny stabilizátor, pretože má vyššiu účinnosť vďaka regulovaniu prúdu. To znamená, že sa znižujú nároky na chladenie. Pri dlhšom používaní sa na rozdiel od lineárneho stabilizátora v tejto aplikácii výrazne neprehrieva. Pracuje na frekvencii 150 kHz vďaka integrovanému fixnému oscilátoru. Obvod je zapojený podľa doporučenej schémy pre +5 V aplikáciu obr. 5.13. Použitá cievka má hodnotu  $33\ \mu\text{H}$  a púzdro 0207/10.



Obr. 5.13: Schéma DC/DC meniča LM2596 pre +5V aplikáciu [31]

## 5.8 Mecaňické prevedenie

Prístroj by mal byť osadený v robustnej kovovej konštrukcii zloženej z dvoch častí. Meracej a signalizačnej. Meracia časť je kovová krabica s displejom a všetkými ovládacími, meracími prvkami. Rozmiestnenie tlačidiel pre prsty rúk BUT0 - BUT9 bolo treba navrhnuť pre použitie dospeléj osoby s priemernou - podpriemernou veľkosťou dlane [37]. Ďalšiu časť tvorí polohovateľný panel nesúci RGB LED a 2 reproduktory obr. 5.12. Panel je čiernej farby aby sa opticky (vnemovo) neznižovala intenzita svitu RGB LED. 2 Rozmiestnenie prvkov podľa obr. 5.12. Obr. 5.14 Na návrh kovových konštrukcií je použitý program AutoCAD a Invertor. Materiál je plech hrúbky 1,5 mm. Povrchová úprava je komaxit.



Obr. 5.14: Mechanická konštrukcia ovládacích prvkov: a. 10 ergonomicky rozmiestnených snímacích tlačidiel b. tlačidlo pre SRT c. ovládacie tlačidlá d. LCD displej

## 5.9 Softvérová realizácia

Na programovanie mikrokontroléra ATmega16 bol použitý programátor AVRISPM-KII. Programuje mikrokontrolér cez ISP rozhranie. Softvér musí vedieť vypočítať čas a reagovať v správnu dobu na stlačenie tlačidiel. Programové prostredie je AtmelStudio.

### 5.9.1 Inicializácia

Začiatok programu začína nastavením portov, prerušení, typovaním premenných a konštánt, inicializáciou displeja a TWI komunikácie. Na inicializáciu displeja bola použitá knižnica `lcd_h.h` od autorov Fleury, Frýza, Brening. Jedná sa o súhrn inštrukcií a funkcií pre radič HD44780. Na začiatku programu je definovaná aj funkcia `printf`. Jej deklarácia sa vykonáva:

**Funkcia menu:**

```
static FILE mystdout = FDEV_SETUP_STREAM(lcd_putc, NULL, _FDEV_SETUP_WRITE);
```

Inicializácia TWI komunikácie je implementovaná do knižnice `i2c_master.h`, ktorej autorom je Luboss17. Pomocou príkazu `i2c_write` sa zapisujú dáta do pamäte DS1803. Do pamäte programu sú uložené všetky konštanty. Najdôležitejšou časťou programu je menu, meranie SRT, RRT a SERT. [35], [34]

### 5.9.2 Menu

Aby bolo možné sa orientovať v meraní je samozrejmosťou zobrazovacie zariadenie, ktorým je v tomto prípade štvorriadkový displej RC1604A-BIY-ESX. Ak na Prvom riadku displeja zobrazený nadpis, potom maximálny počet riadkov, ktoré

budú vykresľované pri zvolených parametroch sú tri. Nie je potreba teda riešiť roľovanie menu. Menu sa vykresľuje ako pole uložené v pamäti flash pomocou funkcie PROGMEM. Vykresľovanie týchto menu sa realizuje pomocou ukazovateľa.

```
printf_P(screenmenuptr[menupick]);
```

Hodnota pola je vyberaná tlačidlom pre posuv kurzoru CURSOR. Toto tlačidlo inkrementuje premennú cursor a podľa nej sa cez tlačidlo ENTER vykresľuje dané menu vo funkcii menu. Hodnoty ukazovateľa určuje funkcia SWITCH. Obsahuje 32 CASE. Bližšie je funkcia popísaná v prílohe programu. Na displeji sa zobrazuje 7 druhov odlišných menu. A.1

### 5.9.3 Meranie jednoduchého RT

Úlohou tohoto merania je zmerať jednoduchý reakčný čas pre zvolený podnet. Na zahájenie merania je potreba stlačiť tlačidlo RST, ktoré je externým prerušníkom INT0. Po tomto stlačení sa začne odpočítavať čas 2s s pretečením časovača TIMER1 aby meranie príliš rýchle. Po tomto čase sa nastaví x násobná hodnota pretečenia časovača TIMER1 na náhodnú hodnotu získanú z prerušenia v prechodoch menu. Tento čas sa získava rotovaním čísla 24 v časovači TIMER1. Po získaní čísla od 0 - 24 sa vynásobí \*100. Maximálna hodnota čísla teda je 10 sekúnd, bez preddeličky a 16 MHz hodinového signálu. Akonáhle uplynie tento čas, spustí sa podnet a začne sa spočítavanie času pomocou prerušenia TIMER0 s preddeličkou 64bit. Jeho pretečenie trvá 1,024ms. Ak do piatich sekúnd nepríde odozva SRT, meranie sa ukončí. Ak však dôjde k prerušeniu INT0, je TIMER0 zastavený a hodnota premennej result\_time ekvivalentná času je uložená. Nasleduje násobenie konštantou 1024. Potom jej podiel bezo zvyšku a so zvyškom. Takto získané čísla treba podeliť 1000 a dostaneme výsledný čas. Pre všetky merania je doba odozvy na podnet nastavená na 5 sekúnd. Ak je prekročená, meranie je ukončené. A.2

#### Výpočet SRT:

```
result_time = time0 * coef_time0;  
result_time += time0;  
printf("(%d,%d", (time0 + (result_time/1000)), result_time%1000);
```

Text after it ...

### 5.9.4 Meranie výberového RT

Rozhodujúci reakčný čas si vyžaduje viacero podnetov na spracovanie času, medzi ktorými si môže meraný subjekt vybrať. Preto boli definované jednorozmerné polia time\_array, color\_array a tone\_array o veľkosti 30 prvkov. Slúžia ako pseudo-náhodné kombinácie času, farby a tónu. Keďže počas merania dôjde k 5 podnetom,

hodnoty v poliach sú umiestnené tak aby v každom meraní bol realizovaný priaznivý podnet.

#### Polia náhodných konštánt:

```
const unsigned int time_array[] = {344, 854, 488...  
const unsigned int color_array[] = {0xDF, 0xBF, 0x7F...  
const unsigned int tone_array[] = {148, 203, 254,....
```

Po uplynutí 2 sekúnd na začiatku merania sa tentokrát využívajú dve náhodné hodnoty takisto získané prerušeniami v prechodoch cez menu. Ich maximálna hodnota ktorú časovač dosiahne svojimi pretečeniami je 29. Označuje tým prvok v jednorozmernom poli `color_array`. Obdobne označuje prvok v poli `time_array` aj druhá náhodná premenná. Pri signalizácii podnetu, sa spustí časovač `TIMER1` na 2 sekundy, po ktoré plyní podnet. Po skončení tejto doby skončí signalizácia a opäť sa odpočítava náhodná doba času, kedy príde ďalší podnet. Ak príde žiadaný podnet, spustí sa časovač `TIMER0`. Po stlačení `SRT` tlačidla sa uloží počet pretečení časovača `TIMER0` `aacum`. Neznamená to, že pri stlačení `SRT` skončí aj podnet. Paralelne s `TIMER0` totižto beží aj `TIMER1` a až po uplynutí 2 sekúnd čaká na stlačenie `SRT`, ktoré umožní ukončenie signalizácie. Takto sa získa určitá hodnota konštanty `aacum` ekvivalentná času, ktorú je nutné predeliť počtom užitočných podnetov `amatch`. Pre lepšiu presnosť merania je zvyšok po tomto delení vynásobený \*10. Oboje čísla sú ďalej násobené konštantou 1024 a delené 1000. V tomto prípade sa zvlášť pracuje s celými číslami a zvlášť s desatinnými. Celé čísla sú uložené v premennej `acum_integer` a desatinné v `acum_decimal`. Počet podnetov pre `RRT` a `SERT` je päť. A.2

#### Výpočet RT v meraní RRT:

```
{  
acum_integer = (aacum / amatch);  
acum_decimal = (aacum % amatch);  
acum_decimal *= 10;  
acum_decimal /= amatch;  
acum_decimal *= coef_time0;  
acum_integer *= coef_time0;  
acum_help = acum_integer;  
acum_integer /= 1000;  
acum_help %= 1000;  
acum_decimal /= 10;  
acum_decimal += acum_help;  
acum_help = acum_decimal / 1000;  
acum_decimal = acum_decimal % 1000;  
acum_integer += acum_help;  
printf("%ld, %d", acum_integer, acum_decimal);  
}
```

### 5.9.5 Meranie selektívneho RT

Selektívne meranie reakčného času je obdobné ako pri RRT s tým rozdielom, že pre SERT sú všetky podnety žiadané. Ku každému podnetu je priradená iná odozva tzn. iné tlačidlo. Výpočet a realizácia reakčného času je obdobná ako u RRT. Rozdiel je v tom, že po každom spustení meraní času čaká na vhodné prerušenie - vhodné tlačidlo. Až po tom, čo nastane vhodné prerušenie pre vhodný podnet, môže nasledovať nové meranie. Od medzičasov sa odčítava hodnota 5, čo označuje latenciu tlačidiel spôsobenú debouncing obvodom. Druhá náhodná hodnota sa získava delením prvej /2, keďže počet prechodov medzi menu by bol nedostačujúci. Meranie vizuálneho a akustického podnetu sa v tomto meraní nelíši. Počíta s tým, že akustický alebo naopak svetelný droj sa na začiatku merania vypnú. A.3

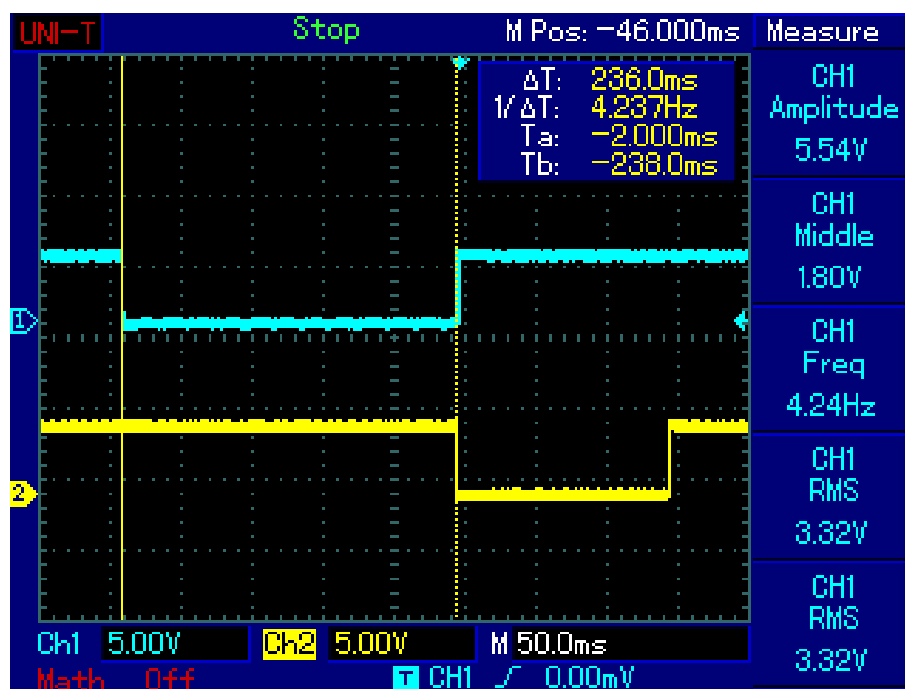
#### Čakanie na správnu reakciu:

```
while (permission2 != 0)
{
    if (PIND & (1<<PD3))
    {
        if ((color_pick == green) | (tone_pick = freq1000))
            permission2 = 0;
    }
    .
    .
}
```

## 6 VYHODNOTENIE PRÍSTROJA NA MERA- NIE REAKČNÉHO ČASU

### 6.1 Výsledky

Prístroj meria reakčný čas na tisíciny milisekundy. Avšak presnosť tohoto merania sa stráca zaokrúhľovaním a zaneprázdňovaním mikrokontroléra v okamžiku vyhodnocovania. Na získanie reakčného času je však postačujúci. Viacnásobné meranie nepreukázalo chybovosť zariadenia. Naopak meranie viacerých nezávislých subjektorv potvrdilo priemerný reakčný čas 190 - 250 ms. Reakčná doba bola porovnaná aj na osciloskope UNI-T UT2042C avšak aj to len orientačne, keďže mohlo dôjsť k nepresnému odčítaniu. Rozdiel bol maximálne 16ms. Obr. 6.1



Obr. 6.1: Ukážka nameraného času osciloskopom. Prístroj nameral 240ms[31]

### 6.2 Perspektíva

Zariadenie je prototypom. Je ho však možné naprogramovať pre rôzne typy meraní reakčnej doby. Pri sériovej výrobe takéhoto zariadenia by sa mali použiť SMD súčiasky, ktoré by minimalizovali nielen náklady, ale aj priestor. Ďalej by bolo výhodnejšie zariadenie umiestniť do menšej krabičky a na meranie by sa používali

externé spínače. Takéto spínače môžu byť totižto veľmi malé, skladné a flexibilné. Obvod RX-2206 by bolo nutné nahradiť ekvivalentom, iným funkčným generátorom alebo oscilátorom, pretože sa už nevyrába. Rozumnejšie riešenie sa javí aj pri použití rezistorov obmedzujúcich prúd na výstupe vizuálnej jednotky aby nedošlo k jej poškodeniu.

## 7 ZÁVĚR

Cielom práce bolo oboznámenie sa s problematikou reakčnej doby človeka a možnosťami jej využitia. Návrh prístroja pre meranie a vyhodnotenie reakčnej doby človeka na základe audio-vizuálneho podnetu. V úvode práce bolo spomenuté, čo vlastne reakčná doba je, aké sú jej elementy a čo ju ovplyvňuje. Načrtol som tak podmienky a činitele zasahujúce do merania. Uviedol som niektoré typy meraní, ktoré majú praktické využitie. Meranie reakčnej doby je totižto obsiahle. Podmienky merania môžu byť ľubovoľné ak sa zladia s meranými parametrami. Dôležité rozdelenie merania reakčného času je na jednoduchý reakčný čas a disjunktívny reakčný čas. Navrhnuté zariadenie je určené k meraniu oboch reakčných časov. Stimulačný podnet vizuálny je sprostredkovaný pomocou LED a akustický prostredníctvom širokopásmových reproduktorov. Snímanie odozvy na podnet či už jednoduchej reakčnej doby alebo zložitej je realizovaný pomocou tlačidiel. Ovládanie a nastavenie je jednoduché, slúžia naň tri tlačidlá a LCD displej. Program mikrokontroléru vypočíta reakčný čas s presnosťou na jednotky ms. Jednotky stimulov sú zabudované v pevnej, kovovej konštrukcii v čiernom prevedení. Jednotky meracích prostriedkov v bielej kovovej konštrukcii.



# LITERATÚRA

- [1] BOLDIŠ, P. *Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://www.boldis.cz/citace/citace.html>>.
- [2] ŠTRAUS, Jiří. Prodloužení reakční doby v závislosti na hladině alkoholu. *Kriminalistika: časopis pro kriminalistickou teorii a praxi*. Praha: Odbor vydavatelství a tisku MV ČR [?], 1993-2012, roč. 2012, 3-2010, s. 20. ISSN 1210-9150. Dostupné z URL:<<http://www.mvcr.cz/clanek/prodlouzenireakcni-doby-v-zavislosti-na-hladine-alkoholu.aspx>>.
- [3] DEMIRARSLAN, H. *Visual information processing and response time intradictorial cognition*. Ohio[online]. [cit. 9. 10.2008]. Dostupné z URL:<<http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA248165&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>>.
- [4] FEČ, Rastislav. *Rozdiely v úrovni disjunktívneho reakčného času žiakov 3. a 4. ročníka základnej školy*. [online]. Prešov Prešovská univerzita v Prešove 2010 [cit. 2011-01-31], s. 156. ISBN 978-80-555-0301-1. Dostupné z URL:<[http://www.pulib.sk/elpub2/FS/Majherova1/pdf\\_doc/23.pdf](http://www.pulib.sk/elpub2/FS/Majherova1/pdf_doc/23.pdf)>.
- [5] JANTOŠOVÁ, Beáta. *Výskyt dyslálie u dětí předškolního věku* [online]. 2010 [cit. 2012-12-08]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Brno. Vedoucí práce Jiřina Klenková. Dostupné z URL:<[http://is.muni.cz/th/200158/pedf\\_m/](http://is.muni.cz/th/200158/pedf_m/)>.
- [6] HONZÍKOVÁ, N., HONZÍK, P. *Biologie člověka* [- elektronická skripta. Biologie člověka. Brno, VUT Brno. 2003. p. 1 - 135.
- [7] SÁDOVSKÁ, Dominika. *Vyšetření zorného pole* [online]. 2006 [cit. 2012-12-08]. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Tomáš Jurečka. Dostupné z URL:<[http://is.muni.cz/th/101071/1f\\_b/](http://is.muni.cz/th/101071/1f_b/)>.
- [8] PAVOL, Adam. *Psychoakustika* [online]. 2006 [cit. 2012-12-08]. Webová stránka. u Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislava. Dostupné z URL:<[http://zvuk.atrip.sk/index.php?site=2\\_2](http://zvuk.atrip.sk/index.php?site=2_2)>.
- [9] SKIRROW, Peter. Zdroj [cit. 2006-02-14]: Dostupné z URL:<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/4/47/Lindos1.svg/400px-Lindos1.svg.png>>.

- [10] PANČÍK, P. MARCIŠOVÁ D. *Pohybová sústava človeka* Zdroj [cit. 2012-12-08 ]: Dostupné z URL::<<http://www.bioweb.genezis.eu/?cat=6&file=pohybova.>>.
- [11] MAREČEK, S. KRAJČUŠKOVÁ, Z. *Zariadenie na meranie rýchlosti reakcie športovca*. [online]. [cit. 2012-12-08]. Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Bratislava. Dostupné z URL::<[http://www.nuc.elf.stuba.sk/svoc2007/CDROM/04%20Biomedicinske%20inzinierstvo/BM\\_DD\\_Marcek.pdf](http://www.nuc.elf.stuba.sk/svoc2007/CDROM/04%20Biomedicinske%20inzinierstvo/BM_DD_Marcek.pdf)>.
- [12] *Elektromagnetické spektrum* [online] [cit. 2012-12-08] Dostupné z URL:<[http://www.labo.cz/mft/rad\\_pasma.htm](http://www.labo.cz/mft/rad_pasma.htm)>.
- [13] SEDLÁČEK, Jan. *Vliv úpolového tréningu na rozvoj reakční rychlosti* [online]. 2007 [cit. 2012-12-08]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Martin Zvonař. Dostupné z URL:<<http://theses.cz/id/8fyu8g>>.
- [14] PAUNIKAR, Vaishali, Neerja SHASTRI a Mirza BAIG. *Effect of Parkinson's disease on audiovisual reaction time in Indian population*. International Journal of Biological. 2012, roč. 2012, č. 3, s. 5. ISSN 0976-6685. DOI: 1392-1396 Dostupné z URL:<[http://www.biomedscidirect.com/journalfiles/IJBMRF2012477/effect\\_of\\_parkinson\\_s\\_disease\\_on\\_audiovisual\\_reaction\\_time\\_in\\_indian\\_population.pdf](http://www.biomedscidirect.com/journalfiles/IJBMRF2012477/effect_of_parkinson_s_disease_on_audiovisual_reaction_time_in_indian_population.pdf)>.
- [15] GERNTOL, J. *Age and Simple Reaction Time* [online]. 1982 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://geronj.oxfordjournals.org/content/37/3/342.short>>.
- [16] KAURANER, K, P. VUOTIKKA, M. HAKALA *Motor performance of the hand in patients with rheumatoid arthritis* [online]. 2000 [cit. 2012-12-08] DOI: 10.1136/ard.59.10.812. Dostupné z URL:<<http://ard.bmj.com/content/59/10/812.full#cite-by>>.
- [17] PIVOVARČÍK, P. ŠTULAJTER I. *Zmeny úrovne disjunkčných rekačno-rýchlostných schopností rozvíjaných v denných biorytmických pesimách u futbalistov v prípravnom období*. [online]. [cit. 2012-12-08] Fakulta telesnej výchovy a športu, Fakulta humanitných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica. Dostupné z URL:<<http://www.fhv.umb.sk/app/cmsSiteAttachment.php?ID=646>>.
- [18] Fitronic s.r.o [cit. 2012-12-08] Dostupné z URL:<<http://www.fitronic.sk/en/>>.

- [19] HitMaster [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://www.impacttrainingsystems.com/HitMaster.html>>.
- [20] FIELDS T. *Arduino Hand Sensor* [online]. [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://www.behance.net/gallery/Arduino-Hand-Sensor/3179710>>.
- [21] Lafayette Instruments. [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://www.lafayetteinstrument.com/>>.
- [22] KUBĚNA, V. *Analýza a porovnání reakčních časů signálních světel automobilů s luminiscenčními diodami LED a žárovkami* [online]. Praha: FCC Public, 1991 - [cit. 12. ledna 2011]. Dostupné na URL:<[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22908](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22908)>.
- [23] GREENSTEND, A. *Switch Debouncing* [online]. 2010 [cit. 2012-12-08]. Dostupné na URL:<<http://www.labbookpages.co.uk/electronics/debounce.html>>.
- [24] Philips Semiconductors *74HC14N Datasheet* [online] 1993 [cit. 2012-12-08]. Dostupné na URL:<[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/7/4/H/C/74HC14N.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/7/4/H/C/74HC14N.shtml)>.
- [25] Philips Semiconductors *TDA2615 Datasheet* [online] 1993 [cit. 2012-12-08]. Dostupné na URL:<[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/T/D/A/2/TDA2615.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/D/A/2/TDA2615.shtml)>.
- [26] Atmel Corporation *ATmega16 Datasheet* [online] 2002 [cit. 2012-12-08]. Dostupné na URL:<<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/78532/ATMEL/ATMEGA16.html>>.
- [27] Maxim Integrated *DS1803-100 Datasheet* [online] 2006 [2012-12-08]. Dostupné na URL:<<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1803.pdf>>.
- [28] Maxim Integrated *MAX323CPA Datasheet* [online] 2006 [2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX4762-MAX4765.pdf>>.
- [29] Exrar Corporation *XR2206 Datasheet* [online] 1997 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/73150/MAXIM/MAX323CPA.html>>.

- [30] Motorola *7812AC Datasheet* [online] 1997 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/4475/MOTOROLA/7812.html>>.
- [31] Texas Instruments *LM2596 Datasheet* [online] 2004 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>>.
- [32] Maxim Integrated *MAX6818EAP Datasheet* [online] 20010 [2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/393368/MAXIM/MAX6818EAP.html>>.
- [33] Raystar Optronics *RC1604A-FHW-ESX Datasheet* [online] 20010 [2012-12-08]. Dostupné z URL:<<http://www.tme.eu/sk/Document/d068b431e5ecf4f22a8b28a445f4873a/RC1604A-FHW-ESX.pdf>>.
- [34] Stack Overflow *An array of strings stored in flash with PROGMEM in Arduino*. In: *Stack Overflow* [online]. 2013, 2013-05-30 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z URL:<<http://stackoverflow.com/questions/14325485/an-array-of-strings-stored-in-flash-with-progmem-in-arduino>>.
- [35] ZÁVODSKY, O. *Programujeme AVR v jazyku C: Zoznámte sa s MCU rady ATMEL AVR*. SVETELEKTRO Web[online]. 2013, 2013-05-30 2012. Dostupné z URL:<<http://svetelektro.com/clanky/kniha-programujeme-avr-v-jazyku-c-557.html>>.
- [36] Omron Integrated *EN-B3F Datasheet* [online] 20011 [2013-5-20]. Dostupné z URL:<<http://www.omron.com/ecb/products/pdf/en-b3f.pdf>>.
- [37] Average Hand. In: *Average Body Statistics* [online]. 2013 [cit. 2013-05-30]. Dostupné z URL:<[http://www.theaveragebody.com/average\\_hand\\_size.php](http://www.theaveragebody.com/average_hand_size.php)>.

# ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

CNS centrálna nervová sústava – Central Nervous System

PSÚ pomerná citlivosť oka

HMSL tretie brzdoové svetlo

R/L zadné združené svetlá

SRT jednoduchý reakčný čas – Simple Reaction Time

DRT zžitý reakčný čas – Disjunctive Reaction Time

NF nízko-frekvenčný

FSK riadenie zmenou frekvencie – Frequency Shift Keying

LCD displej z tekutých kryštálov – Liquid Crystal Display

THD celkové harmonické skreslenie – Total Harmonic Distortion

TWI celkové harmonické skreslenie – Two Wire serial Interface

SDA synchronizovaný dátový kanál – Synchronous Data

SCL synchronizovaný hodinový signál – Synchronous Clock

EEG elektroencefalograf

RGB červeno-zeleno-modrá dióda – Red-Green-Blue

SRAM statická prístupná pamäť – Static Random Access Memory

FLASH zapisovateľná pamäť

EEPROM elektricky mazateľná pamäť ROM – Electrically Erasable  
Programmable Read-Only Memory

ROM pamäť slúžiaca len pre načítanie údajov – Read-Only Memory

ISP programovanie pamätí v cieľovej aplikácii – In System Programming

JTAG logika pre testovanie plošných spojov – Joint Test Action Group

PWM pulzne šírková modulácia – Pulse-width modulation

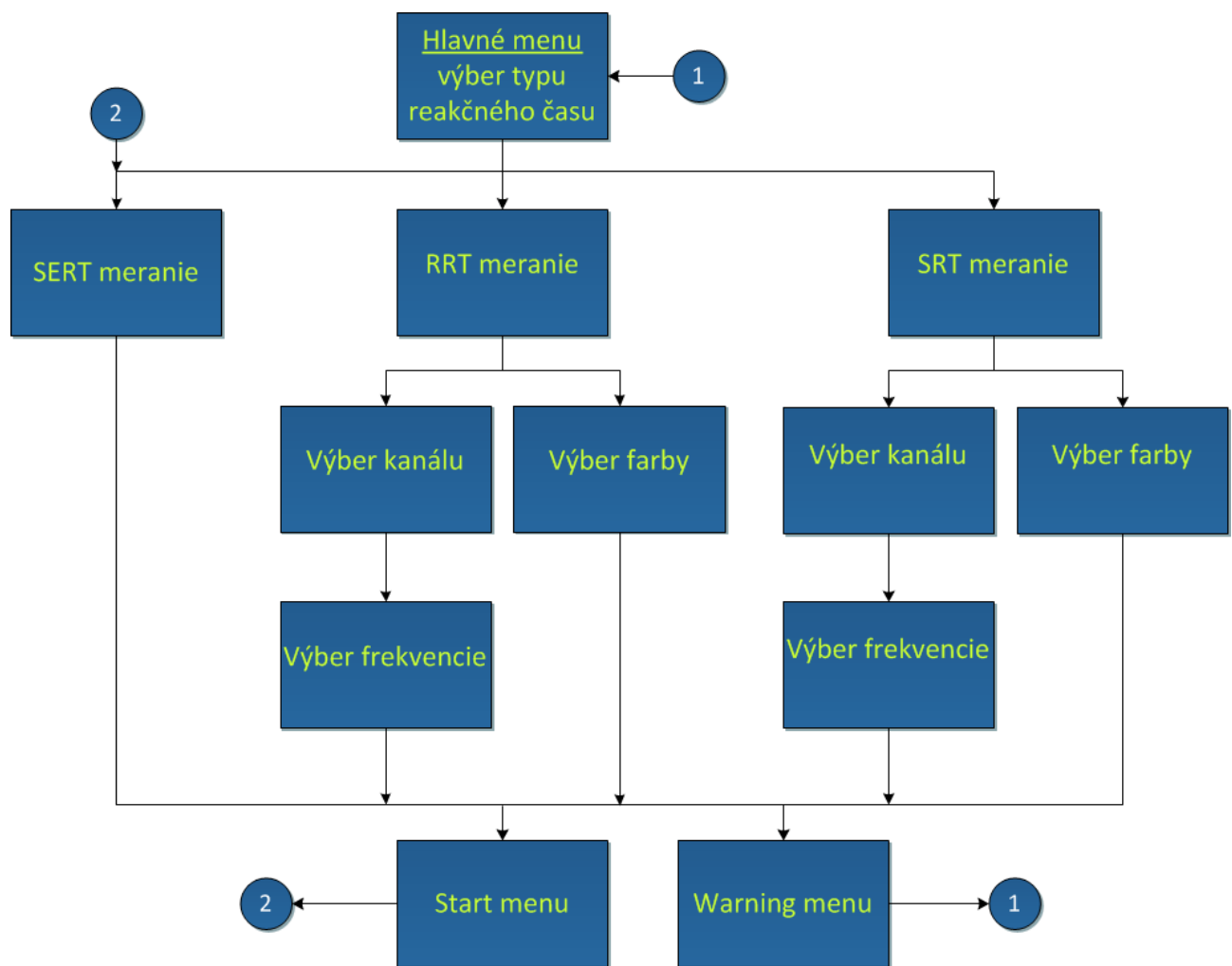
USART univerzálne synchrónne asynchrónne rozhranie – Universal Synchronous /  
Asynchronous Receiver and Transmitter

H      vysoká úroveň, logická 1 – High  
L      nízka úroveň, logická 0 – Low  
USB   univerzálne sériové rozhranie – Universal Serial Bus  
PC    osobný počítač – Personal Computer  
RT    reakčný čas – Reaction Time  
SERT   selektívny reakčný čas – Selective Reaction Time

## ZOZNAM PRÍLOH

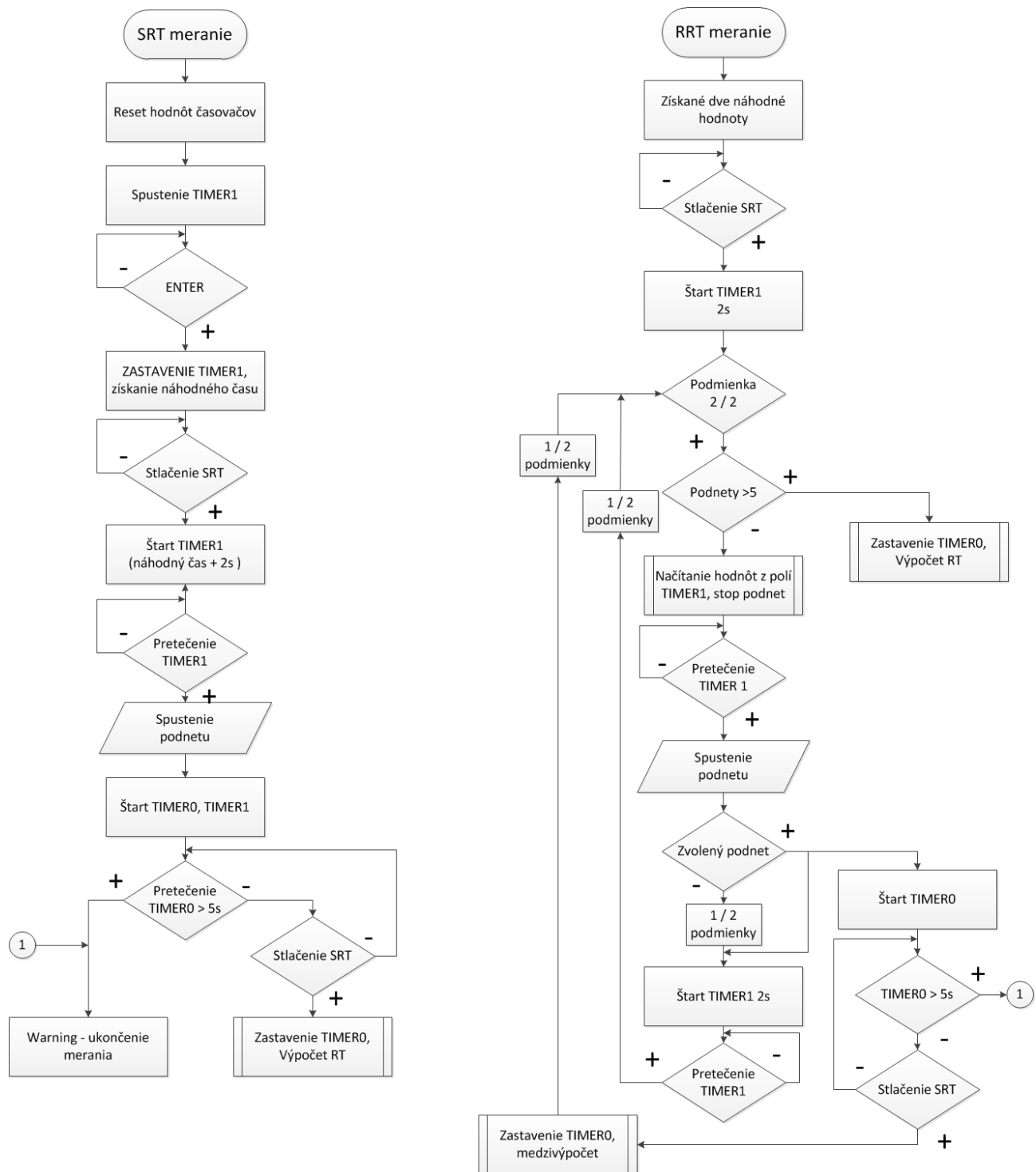
A	Vývojové diagramy	56
B	Navrhnuté schémy	59
C	Zoznam súčiastok	68
D	Konštrukčné výkresy	69

## A VÝVOJOVÉ DIAGRAMY

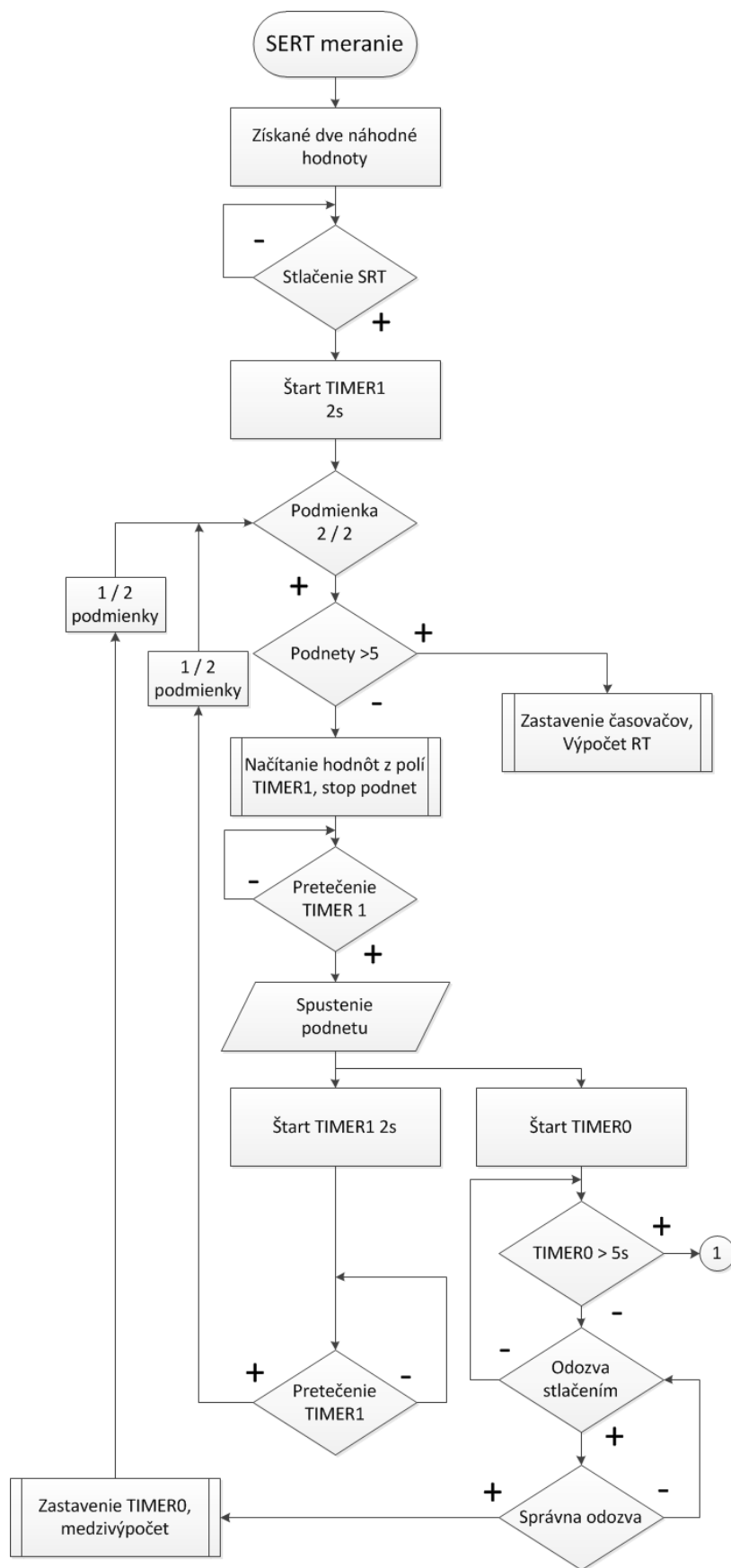


Obr. A.1: Stromový diagram zobrazovaných položiek menu





Obr. A.2: Stručný, zjednodušený vývojový diagram SRT a RRT merania

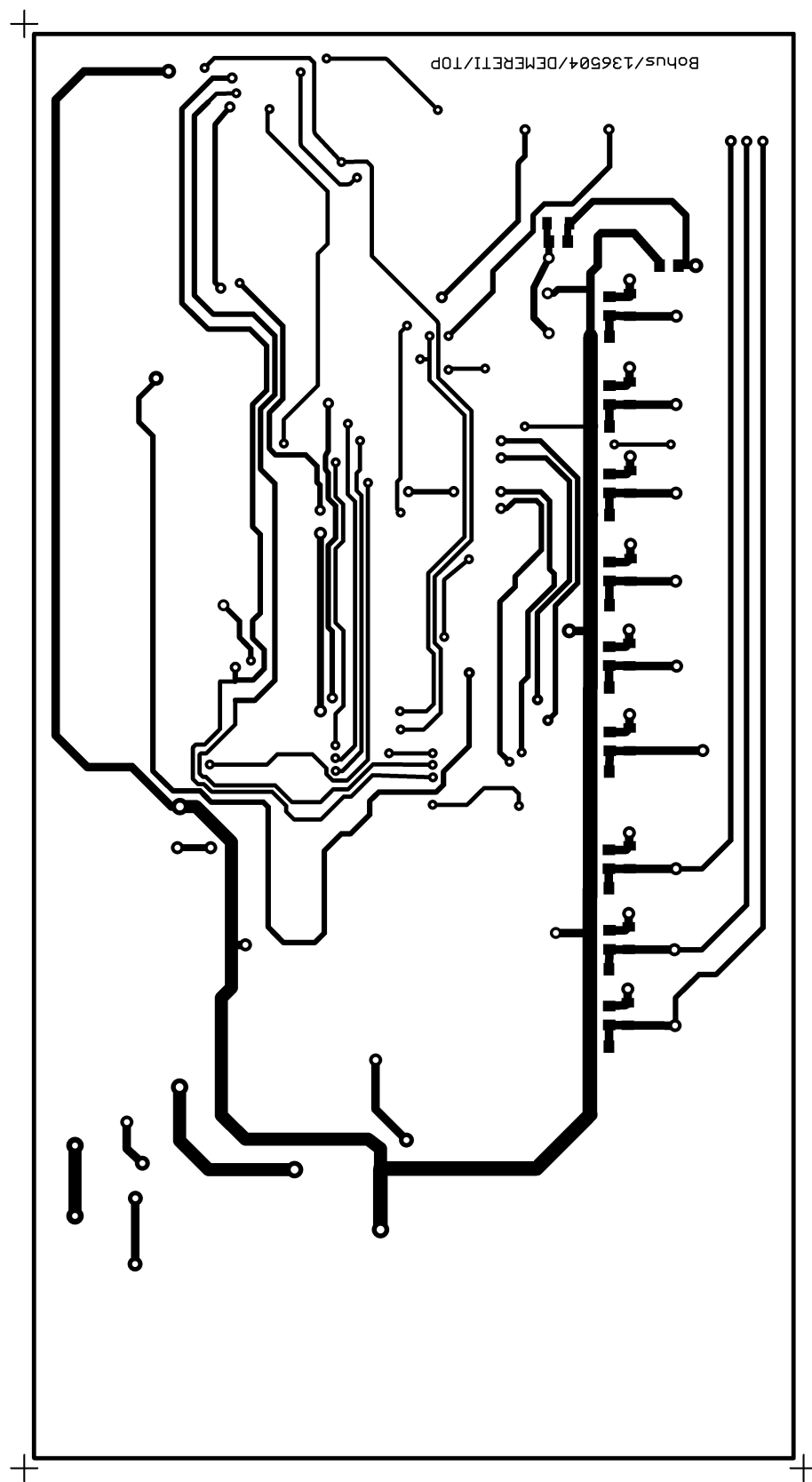


Obr. A.3: Stručný, zjednodušený vývojový diagram SERT merania

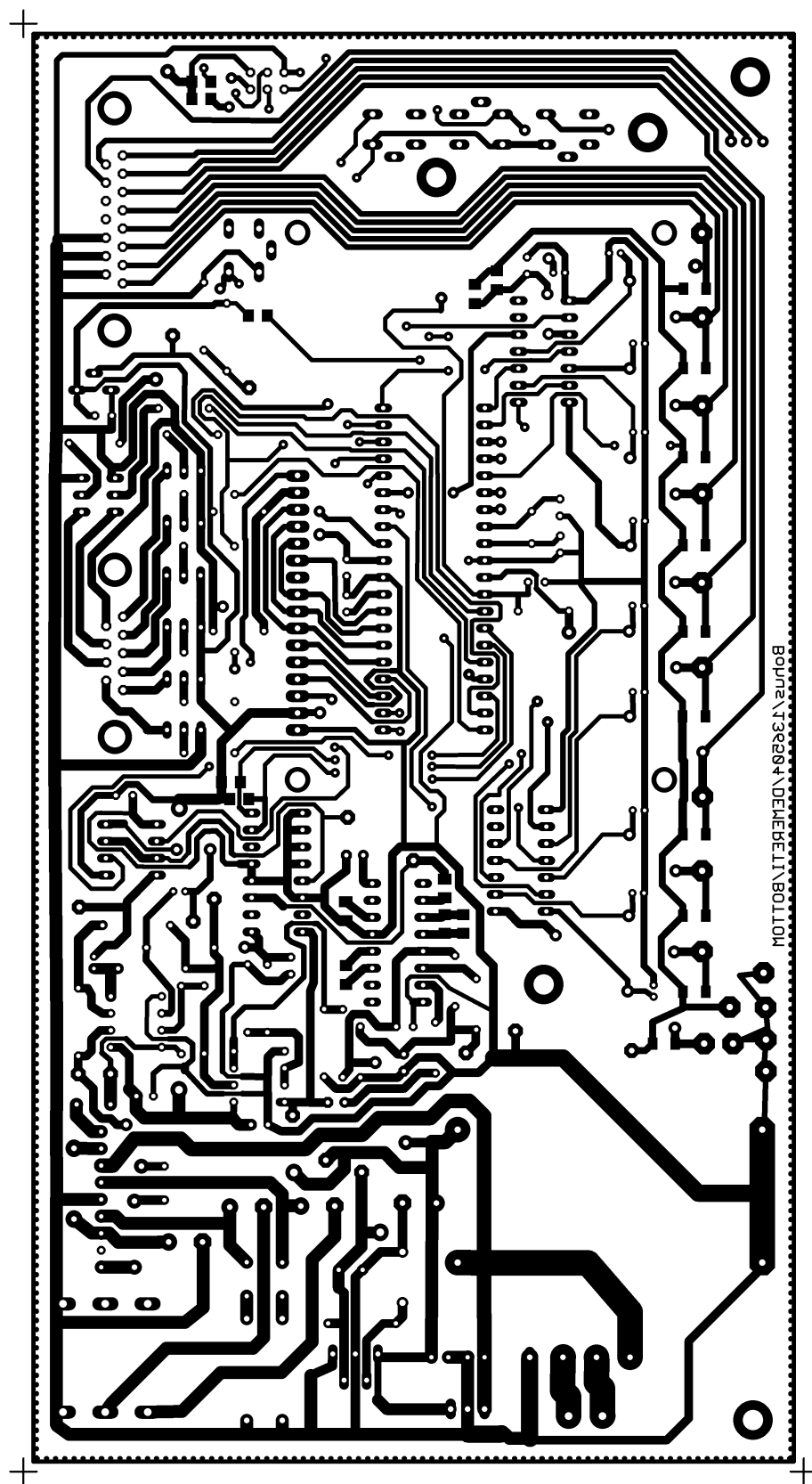
## B NAVRHNUTÉ SCHÉMY



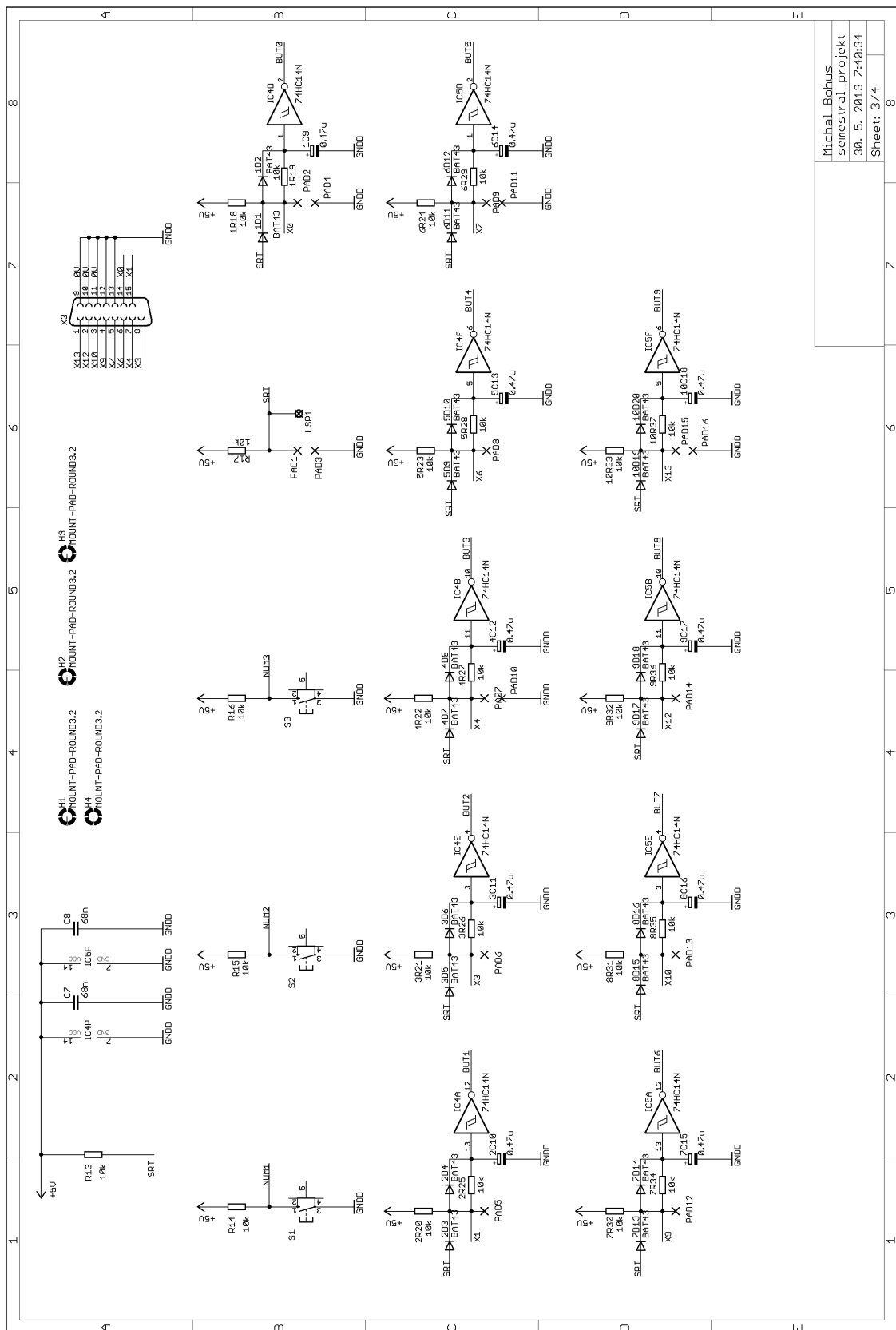




Obr. B.3: Plošný spoj strana top

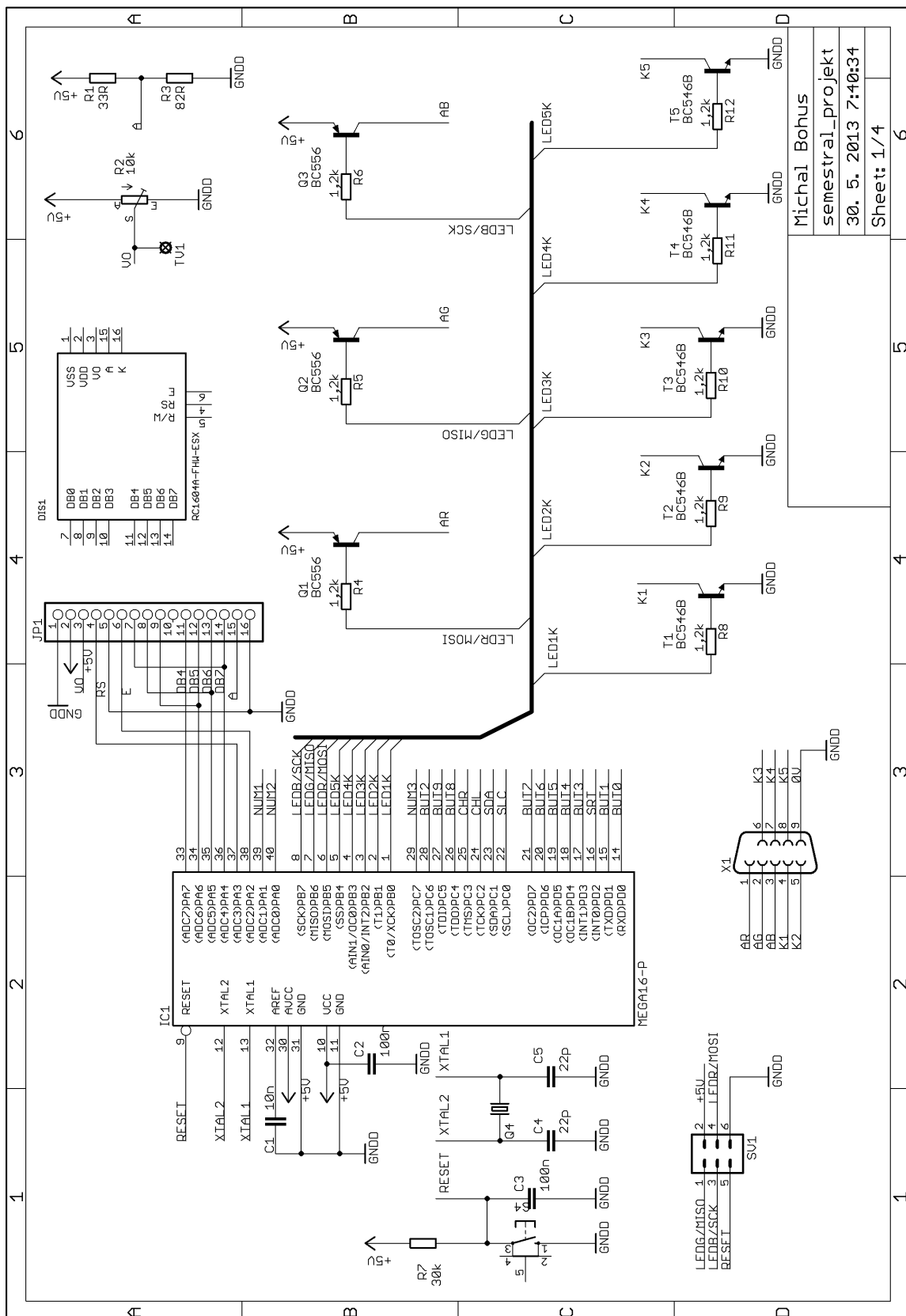


Obr. B.4: Plošný spoj strana top

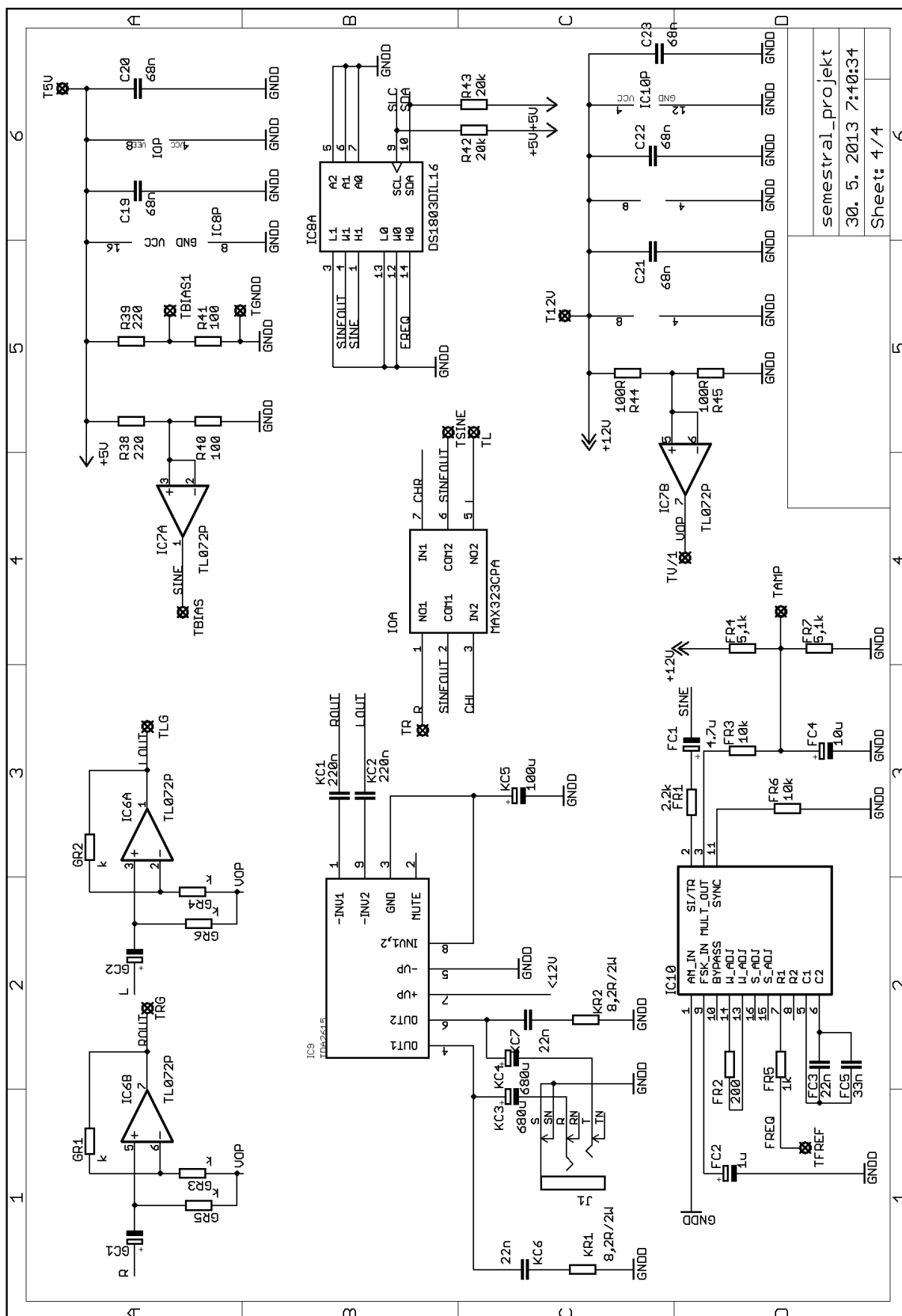


Obr. B.5: Schéma zapojenia tlačidiel

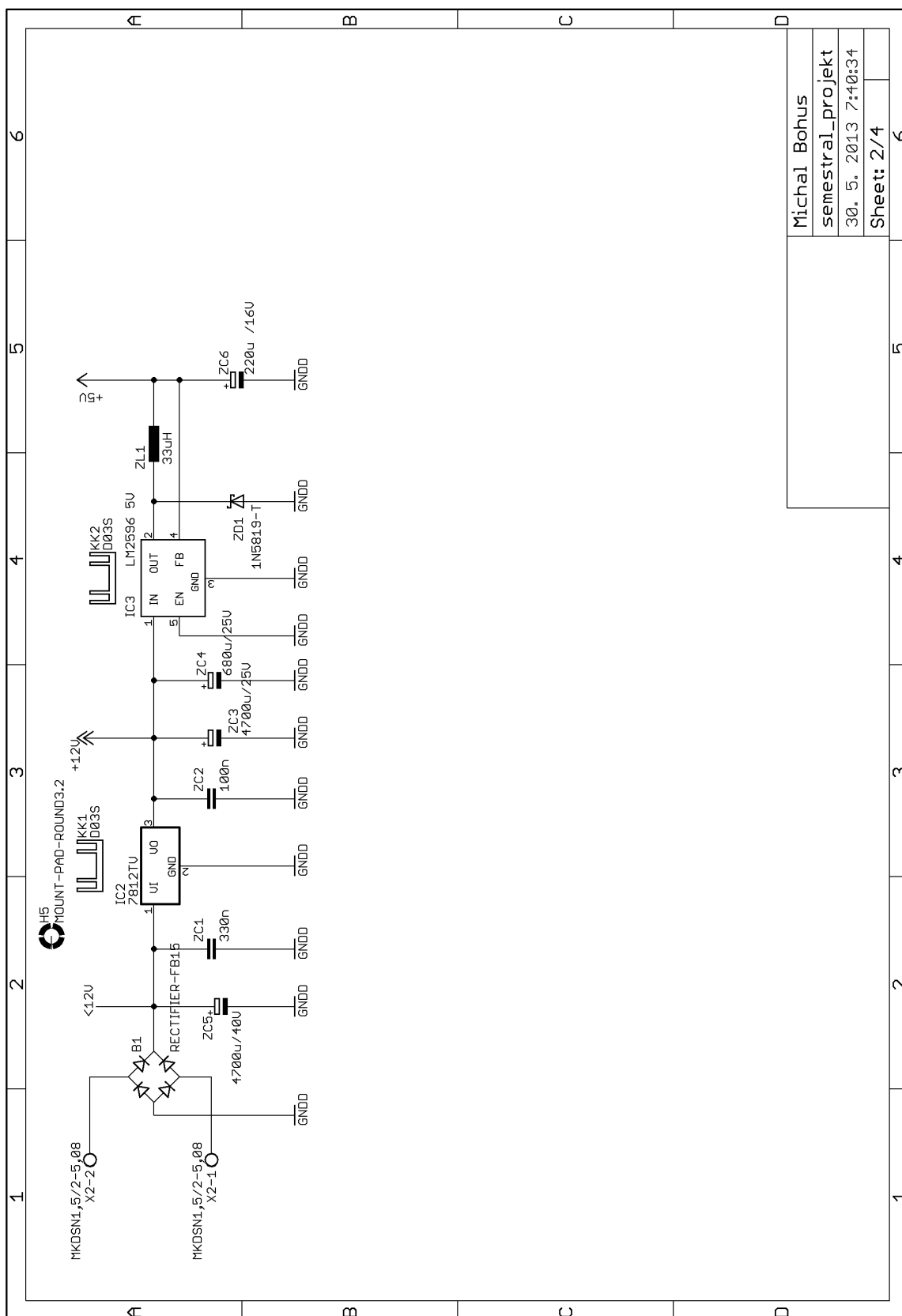




Obr. B.6: Schéma zapojenia riadačeho mikrokontroléru ATmega 16, LCD displeja RC1604A-BIY-ESX a radiacich portov pre tlačidlá a LED



Obr. B.7: Schéma zapojenia NF zosilňovača TDA2615, digitálneho potenciometra DS1083-100, generátoru XR2206 a analógového spínačom MAX323



Obr. B.8: Schéma zapojenia Stabilizátorov 7812 a spínaného DC/DC znižovacieho obvodu LM2596

## C ZOZNAM SÚČIASTOK

Qty	Value	Device	Parts
2		CPOL-EUE1.8-4	GC1, GC2
1	16	CRYSTALHC49S	Q4
1		ML6L	SV1
1		XR-2206	IC10
10	0.47u	CPOL-EUE1.8-4	1C9 - 10C18
8	1,2k	R-EU_0207/7	R4 - R12
1	1N5819-T	1N5819-T	ZD1
1	1k	R-EU_M1206	FR5
1	1u	CPOL-EUE2.5-6	FC2
1	2.2k	R-EU_0207/7	FR1
1	4.7u	CPOL-EUE2.5-6	FC1
2	5,1k	R-EU_0207/7	FR4, FR7
2	8,2R/2W	R-EU_0414/15	KR1, KR2
1	10k	R-EU_0207/7	FR3
1	10k	R-EU_M1206	FR6
25	10k	R-EU_R1206	1R18 - 2R20, 2R25, 3R21, R26, 4R22, 4R27, 5R23, 5R28, 6R24, 6R29, 7R30, 7R34, 8R31, 8R35, 9R32, 9R36, 10R33, 10R37, R13 - R17
1	10k	TRIM_EU-B64W	R2
1	10n	C-EU025-025X050	C1
1	10u	CPOL-EUE2.5-6	FC4
2	20k	R-EU_R1206	R42, R43
2	22n	C-EU050-035X075	KC6, KC7
1	22n	C-EUC1206	FC3
2	22p	C-EU025-030X050	C4, C5
1	30k	R-EU_0207/7	R7
1	33R	R-EU_0207/7	R1
1	33n	C-EUC1206	FC5
1	33uH	L-EU0207/10	ZL1
7	68n	C-EU025-030X050	C7, C8, C19 - C23
2	74HC14N	74HC14N	IC4, IC5
1	82R	R-EU_0207/7	R3
2	100	R-EU_0207/10	R40, R41
2	100R	R-EU_0207/10	R44, R45
2	100n	C-EU025-030X050	C2, C3
1	100n	C-EU025-040X050	ZC2
1	100u	CPOL-EUE5-8.5	KC5
1	200	R-EU_R1206	FR2
2	220	R-EU_0207/10	R38, R39
2	220n	C-EU050-035X075	KC1, KC2
1	220u /16V	CPOL-EUE3.5-8	ZC6
1	330n	C-EU025-040X050	ZC1
2	680u	CPOL-EUE5-10.5	KC3, KC4
1	680u/25V	CPOL-EUE5-10.5	ZC4
1	4700u/25V	CPOL-EUE45-18AXIAL	ZC3
1	4700u/40V	CPOL-EUE45-21AXIAL	ZC5
1	7812TV	7812TV	IC2
20	BAT43	DIODE-MINIMELF	1D1 -10D20
5	BC546B	BC546B	T1, T2, T3, T4, T5
3	BC556	BC556	Q1, Q2, Q3
2	D03S	D03S	KK1, KK2
1	DS1803DIL16	DS1803DIL16	IC8
1	LM2596 5V	LM2596TV	IC3
1	MAX323CPA	MAX323CPA	IO
1	MEGA16-P	MEGA16-P	IC1
1	MKDSN1,5/2-5,08	MKDSN1,5/2-5,08	X2
5	MOUNT-PAD-ROUND3.2	MOUNT-PAD-ROUND3.2	H1, H2, H3, H4, H5
1	RC1604A-FHW-ESX	RC1604A-FHW-ESX	DIS1
1	RECTIFIER-FB15	RECTIFIER-FB15	B1
1	TDA2615	TDA2615	IC9